

ब्रह्माण्ड का रहस्य

ब्रह्माण्ड का रहस्य

डॉ० धनराज चौधरी

पञ्चशील प्रकाशन, जयपुरं

ISBN 81-81-7056-058-6

प्रकाशक पद्मशील प्रकाशन
फिल्म कॉलोनी जयपुर-302003

सस्करण प्रथम, 1992

मूल्य - पचास रुपये मात्र

मुद्रक याफिक ऑफ़सेट प्रिन्टर्स
जयपुर।

BRAHMAND KA RAHASY
By Dr Dhan Raj Chaudhry

Price
Rs 50

लेखकीय

लगभग चार सौ वर्षों पहले गैलिलियो ने अपने दूरदर्शी को आकाश की ओर किया तो उन्होंने पाया कि ग्रह कवियों, दाशनिकों द्वारा गाये बताये जैसे नहीं हैं। ग्रह देवताओं का व्यक्ति पर होने वाला प्रभाव अधिक शुद्धता से ज्ञात किया जा सके इसी उद्देश्य से ही आकाशीय ग्रहों की गतियों और स्थितियों का विस्तृत अध्ययन आरम्भ हुआ था। वस्तुतः विश्व के चिंतन में वैज्ञानिक दृष्टिकोण का पदापण भी यही से हुआ। क्योंकि विज्ञान तो निरंतर विकास करता है इसलिए यही कहना उचित जान पड़ता है कि अभी हमारे पास जो जानकारीया हैं वे सत्य के प्रति सबसे अच्छे अनुमान हैं। ब्रह्माण्ड प्रकृति की बृहद्वत्तम प्रयोगशाला है। ग्रहों और स्वयं अपने बारे में हम अनभिज्ञ नहीं हैं। हाँ इस विषय में प्रश्नों की तुलना में उत्तरों की संख्या कम है।

मैं भौतिकी का विद्यार्थी हूँ। ब्रह्माण्ड विज्ञान का विषयवृत्त अध्ययन मैंने नहीं किया है। विज्ञान की यह शाखा मुझे प्रिय है अतएव इस विषय से सम्बन्धित पुस्तकों और लेखों से निजी अध्ययन के दौरान नोट्स लेता रहा हूँ। इस पुस्तक में मेरा अपना तो संपादन काय है मौलिक काय तो बहुत से विद्वान परिश्रमी वैज्ञानिकों का है। यह पुस्तक जनरूचि की हो अतएव यथा तथ्यात्मकता के साथ-साथ भाषाई लोच भी है। इस विषय की पुस्तकों में क्रम प्रायः सौरमण्डल से बृहद्विस्फोट होता है मगर यहाँ यह उलटा है। मुझे यह क्रम उचित लगता है क्योंकि हम जानते हैं हुआ हो तो ऐसे ही था तो क्यों न समग्र से व्यष्टि का क्रम ही रखा जाय। आवश्यक रूप से पाठक का यहाँ आरम्भ में ही जटिलता से साक्षात्कार होगा। मगर इस आरम्भिक तक्लीफ से होने जा रहे लाभ को गंभीर पाठक बहुत जल्दी महसूस करेंगे।

मुझ में बड़े तार्किक को याद पड़ता है। ब्रह्माण्ड की रचना का कोई विशेष स्थान नहीं रहा है वह तो सबत्र था ' जबकि मुझी में ठहरा कवि गुणगुनाता है ' अद्भुत माया पार न पाया/मानव चोला अजब बनाया सूई न धागा हाथ लगाया ' अन्त में श्री मूलचन्द्रजी गुप्ता का आभारी हूँ कि जिन्होंने विशेष रुचि दिखाई कि इस तरह की पुस्तकें लिखी जानी चाहिए। दरअसल यह पुस्तक उनके प्रयास से ही है।

अनुक्रम

हम ही हम या और भी कोई/	9
बृहद् विस्फोट/	13
मदाकिनियां/	19
तारे/	25
सूर्य/	39
सौरमण्डल के अन्य घटक/	44
सौर परिवार/	52
चन्द्रमा/	60
बुध/	63
मंगल-शुक्र पृथ्वी जैसे हैं/	65
भीमकाय ग्रह/	70
बलम, उपग्रह और प्लूटा/	74
सदम सूची/	78
परिभाषाए/	79

हम ही हम या और भी कोई

स्वामाविक प्रश्न है कि ब्रह्माण्ड में और भी कोई पृथ्वी है ? है कोई ग्रह जहाँ जीवन हो ? मनुष्य या उससे भी उन्नत बुद्धि के जीव का सौरमण्डल के एक ग्रह पृथ्वी के अतिरिक्त भी कहीं अस्तित्व है ? इस प्रश्न का समाधान एक अर्थ प्रश्न से जुड़ा हुआ है कि हम यह पता लगायें कि पृथ्वी सी ही परिस्थितियाँ और कहीं विद्यमान हैं। वस्तुस्थिति यह है कि हमारे सौरमण्डल का गठन एक बेजोड़ प्रक्रिया है। हमारे सौरमण्डल के अतिरिक्त ग्रहों का एक भी ऐसा मण्डल हमारी जानकारी में नहीं जिसमें किसी तारे के अपने पिण्ड हो। यह तो केवल हमारा सूर्य है एक तारा जो है केन्द्र में और उसकी परिक्रमा करते दस पिण्ड (planet)। फिर भी यह स्मरण रखना होगा कि हमारे वैज्ञानिक विकास का इतिहास अधिक पुराना नहीं है। पूरी सम्भावना है कि वे उपकरण अभी हमने आविष्कृत ही नहीं किये हैं जिनके द्वारा कहीं दूर के तारों के ग्रहों का पता लगा सकें। तो हम उन कारणों पर विचार करें जिन द्वारा अर्थ पिण्ड (जहाँ जीव हो) की उपस्थिति का पता लगाया जा सकता हो। एक तो प्रत्यक्ष जानकारी होगी कि उस ग्रह से प्रकाश विकिरण हमें प्राप्त हो। प्रत्यक्ष विधि के लिए अति संवेदनशील उपकरण चाहिए क्योंकि पिण्ड से उत्सर्जित विकिरण की चौंध और मात्रा तारे की अपनी चौंध की तुलना में बहुत क्षीण होगी। इस विधि द्वारा पता लगाना हमारी क्षमता की बात नहीं है कोई अप्रत्यक्ष विधि की कारगर हो सकती है।

भूरे बौने

एक अप्रत्यक्ष विधि यह है कि चूंकि प्रत्येक ग्रह अपनी उपस्थिति के कारण तारे को प्रभावित करता है अतएव इस प्रभाव की सूक्ष्मता से जांच पड़ताल की जाय। जैसे कोई ग्रह अपने तारे की परिभ्रमा कर रहा है। परिक्रमा के कारण एक स्थिति में वह तारे को एक ओर और दूसरी स्थिति में दूसरी ओर खींचता है। इन खिंचावों से उत्पन्न क्षीम का प्रेक्षण लेना हमारे यंत्रों की परिशुद्धता की सीमा में है। यह विधि अनेक तारों पर अरसे से आजमाई जा रही है। कभी कोई प्रेक्षण एक आभा की विरण लाना है ता कुछ ही समय में अर्थ प्रेक्षण पूर्व परिणाम को गलत

ठहराते हैं। एक और अप्रत्यक्ष विधि है भूरे बौने (brown dwarf) की तलाश। अंतराकाश में उपस्थित द्रव्यमान से बनी वह-अदृश्य वस्तु जिसका द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान का 0.1 से कुछ कम और 0.01 के मध्य है को भूरा बौना कहा जाता है। इस द्रव्यमान मात्रा से कुछ कम (यदि वस्तु) का मान हो तो वह मात्रा पिण्ड (ग्रह) के द्रव्यमान सी होगी। अगर कहीं, आकाश में भूरे बौनों की अधिकता हो तो वही वही पिण्ड की उपस्थिति की सम्भावना अधिक बनती है। ये भूरे बौने कोई वास्तविक तारे नहीं हैं। इनके गम में ऊर्जा का कोई नाभिकीय स्रोत तो है नहीं प्रत यह कई ग्रहों में हमारे बृहस्पति और शनि ग्रहों से मिलते जुलते हैं। जसी कि मिथ्यान्तो से प्राणा की जाती है ऐसे भूरे बौनों की ब्रह्माण्ड में पर्याप्त संख्या होनी चाहिए। मगर हमारे परीक्षणों में वे कहीं नजर नहीं आते हैं। ब्रह्माण्ड में अधिकांश तारे द्वितारे हैं जोड़े के रूप में। और किसी द्वितारा समूह के पिण्ड नहीं हो सकते हैं। इस भाँति अग्रत्र कहीं भी पिण्ड (ग्रह) के होने का प्रश्न और भी जटिल हो जाता है।

सौरमण्डल में जीवन

सबप्रथम हम अपने घर में ही अर्थात् पृथ्वी पर जीवन की प्रकृति से सम्बन्धित जानकारी का अध्ययन करते हैं। जीव का उद्भव आरम्भिक वायुमण्डल की स्थितियाँ जबकि हाइड्रोजन की मात्रा ऑक्सीजन से अधिक थी भी ही हुआ होगा। तब के समुद्र और वातावरण का तापमान प्रायः अब जसा ही होगा। निश्चय ही कई तरह की कार्बनिक रसायन प्रतिक्रियाएँ हुई होंगी। जविक यौगिक की उत्पत्ति से बहुत पहले शक्कर प्रोटीन एमिनो एसिड आदि बन चुके होंगे। तब वही वह प्रणु बना होगा जो विद्यमान रसायनों का उपयोग कर अपनी नकल माप ही बना सके। यह जीव का उद्भव था। अग्रत्र जीव को उत्पन्न होना है तो कुछ कुछ ऐसी ही परिस्थितियाँ चाहिए। हमारी जानकारी से स्पष्ट है कि बृहस्पति शनि टाइटेन में कुछ-कुछ तो ऐसा ही है। परंतु कोई साक्ष्य नहीं मिलता कि वहाँ जा सके कि वहाँ जीवन रहा हो। मगल सतह से ही प्राणाजनक रहा है। मगर 1976 में वाइकिंग अन्तरिक्षयान द्वारा प्राप्त प्रेक्षणों ने तो प्राणा पर पानी ही फेर दिया। हमारे सौर मण्डल के पिण्डों में टिक्ने को ठोस सतह नहीं द्रव पानी नहीं अवरोक्त प्राणपातक विकिरणों की मार है और अग्र बढ़त से कारण हैं जो अग्रत्र जीव के विकास की सारी सम्भावनाएँ समाप्त करते हैं। मात्र पृथ्वी पर ही वे वांछित परिस्थितियाँ हैं जो जीव के उद्भव से विकास के लिए सहायक हैं।

ब्रह्माण्ड में वहाँ नजर आने जीव रचना के लिए आवश्यक रसायन— हाइड्रोजन कार्बन ऑक्सीजन नाइट्रोजन आदि कम प्रमाण मात्रा में ही वहाँ विद्यमान है। कार्बनिक रसायनों की उपस्थिति भी जान पड़ना है निहारिका के घटक

हम ही हम या और भी कोई

मे। सद्वातिक रूप से बात केवल इतनी है कि किसी पल वहाँ अपनी नकल आप ही उत्पन्न कर सके ऐसा भ्रण बन जाय तो वाञ्छित परिणाम होंगे। उसका प्रालन-पोषण-वृद्धि उसी वातावरण से होती रहेगी और फिर पीढ़ी दर पीढ़ी विकास। यदि ऐसा ही सरल मामला होता तो कहने ही क्या! एक आवश्यक बात और भी है वह यह कि हम केवल एक ही प्रकार की जविकी से परिचित हैं। वह जो कि पृथ्वी पर है उसी से ही। पृथ्वी पर जितनी विविधताएँ हैं वे मूलतः एक ही जीवन के विभिन्न प्रतिबिम्ब हैं प्रकार हैं। वैज्ञानिक तौर पर तो हम कल्पना भी नहीं कर पा रहे हैं कि हमारे अतिरिक्त भी अपनी नकल आप ही पैदा करने वाले और माति के भ्रण कैसे हो सकते हैं। यह तो निश्चय है कि आदिमकाल में डी एन ए के आधार पर रचना के अतिरिक्त यदि और कोई जब सृष्टि पृथ्वी पर हुई होगी तो डी एन ए ने उसे सदैव के लिए नष्ट कर दिया है।

कहाँ अन्यत्र सम्भ्यता की सम्भावना

अन्य स्थानों पर यदि कहीं सम्भ्यता विकसित हो चुकी है तो यह माना जा सकता है कि वे भी हमारी तरह की जिज्ञासा लिये होंगे। यदि कहीं भी भ्रय ग्रह में बुद्धि सम्पन्न जीव हैं तो हमारा खोज का काम आसान ही हो गया। वे भ्रवश्य ही हमें निरन्तर रेडियो सन्देश प्रसारित कर रहे होंगे और हमें वह प्रसारण ग्रहण करना है। तो भ्रव, हम यह अनुमान लें कि ब्रह्माण्ड में एक बुद्धि सम्पन्न सम्भ्यता की कहीं और भी होने की सम्भावना (सद्वास्तिक तौर पर ही सही) कितनी है! इस हेतु अमेरिकी वैज्ञानिक फ्रैंक ड्रक का अनुमान पर्याप्त मात्रा में रोचक और सरल है। ड्रक के अनुमान में सात बातों का आकलन किया जाता है। ये ड्रक समीकरण के सात घटक कहलाते हैं। हमसे सम्पर्क स्थापित करने को आतुर भ्रय सम्भ्यताओं की संख्या N कितनी होगी का मान इन सात घटकों के गुणनफल से प्राप्त होता है—(i) R_s मदाकिनियो में तारों के नवगठन की दर (ii) f_p इन तारों का वह भ्रश जो कि ग्रहमण्डल की रचना कर सके, (iii) m_p प्रति ग्रहमण्डल में ग्रहों की वह संख्या जो कि जीवन की सम्भावना व्यक्त करता है, (iv) f_b जीवन की सम्भावना वाले ग्रहों का वह भ्रश जिस पर जीवन वस्तुतः हो ही (v) f_l , पिण्डों का वह भ्रश जिस पर जीवद्रव्य वास्तव में विकसित हुआ हो (vi) f_s यह वह घटक है जो उस भ्रश को व्यक्त करता है कि बुद्धिसम्पन्न सम्भ्यता जो कि हमें सन्देश प्रेषित कर रही है और (vii) L_s , उस सम्भ्यता की माध्य आयु। इन कारणों में से पहले तीन तो नक्षत्र विज्ञान से सम्बन्धित हैं आगे के दो जीव विज्ञान की परिधि में गिरते हैं और शेष अंतिम दोनो समाजशास्त्र के दायरे में। स्पष्ट है कि इस अनुमान की विश्वसनीयता उच्चकोटि की नहीं होगी फिर भी कुछ रोचक सीमाएँ जानेंगे जो कि शान बर्दक हैं।

एक स्वस्थ भाषावादी दृष्टिकोण" से हमें $N = 0.01 \times L_c$ प्राप्त होता है और एक 'समझ भरा तार्किक दृष्टिकोण' N का मान $10^{-6} \times L_c$ ठहराता है। अब सम्यता की आयु का प्रश्न है। कुछ विचारधाराएँ एक सम्पन्न तकनीकी समाज की आयु $L_s = 10^9$ वर्ष मानती हैं जबकि एक अल्पतम सीमा 10^2 (एक सौ) वर्ष ही है। अब निचली सीमा $L_s = 100$ प्रयोग में ले लें तो भाषावादी दृष्टिकोण से किसी समय सन्देश प्रसारित करने वाली सम्यता की संख्या एक हुई। तब तो सम्यता लिए केवल हम पृथ्वीवासी ही हुए। यदि दृष्टिकोण 'तार्किक' ठीक मानें तो यह मान 10^{-4} ही रह गया। यह परिणाम हमें यह भी बताता है कि वह अंतराल बहुत लम्बा होता है जबकि सन्देश भेजने वाली संस्कृति ब्रह्माण्ड में नहीं रहती। मगर L_c का मान एक अरब मान लिया जाय तो सन्देश प्रसारित करने वाली सम्यता की संख्या उत्साहवद्धक आती है। नया सम्य समाज की इतनी माध्य आयु हाँ सकती है ?

इस सद्धान्तिक विश्लेषण से हम एक निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि सन्देश भेजने वाली सम्यता की उम्र यदि कम हो तो एकमात्र हमारी पृथ्वी की सम्यता ब्रह्माण्ड में बची रहती है। अर्थ शब्द प्रयोग में लें तो हम कह सकते हैं कि ब्रह्माण्ड में यदि कहीं सम्यता होगी तो वह हम से बहुत-बहुत पहले विकसित हुई होगी। निश्चय ही वह सम्यता तकनीकी अर्थों में अधिक समृद्ध होगी। इस भाँति अर्थ सम्यता की खोज का प्रयास होगा कि हम उन द्वारा प्रसारित सन्देश को ग्रहण करें। सन्देश तो हम भी भेज रहे हैं परन्तु यह निश्चित है कि वार्तालाप स्थापित नहीं हो पायेगा। क्योंकि किसी क्षण हमें प्राप्त होने वाला सन्देश तो उस मूल स्थान से करोड़ों वर्ष पहले चला-था। एक सम्यता का ऐसा सन्देश दूसरी सम्यता को ब्रह्माण्ड में अपनी उपस्थिति जताने का सन्देश होगा। किसी का वार्तालाप वह नहीं हो सकता है।

□

बृहद् विस्फोट

काल पर सीमा

आकाश में सब ओर हमें मदाकिनियां (Galaxies) और मदाकिनियों के गुच्छ नजर आते हैं। दूर, बहुत दूरी पर वे हल्की हो जाती हैं एक दो भरव प्रकाश वष से आगे की कुछ मदाकिनिया ही हमें मिलती हैं। क्वासार (Quasar) बारह से तेरह भरव प्रकाश वष दूरी के हैं। इससे आगे पिण्ड सख्या में कम होते जाते हैं। यह कम और कम होते जाना इसलिए नहीं है कि वे हमसे बहुत बहुत दूर हैं और टोहने वाले हमारे उपकरण सवेदनशील नहीं हैं। दर असल जब हम क्वासार का निरीक्षण कर रहे हुये हैं तब उस काल के क्रियाकलापों का लेखा-जोखा लेते हैं जबकि ब्रह्माण्ड की उम्र आज की दस प्रतिशत ही थी। अधिक दूरी पर जाने का अर्थ है और आगे के काल में प्रवेश करना क्वासार से आगे की दूरी में क्वासार ये ही नहीं। तब मदाकिनिया की रचना हुई ही नहीं थी अतः अत्यधिक दूरियों पर टोहने पर दीप्त वस्तुओं का लोप हो जाना इस बात का द्योतक है कि सीमा काल पर है दिक् पर नहीं। जैसे तो यह वही स्थिति है जब ब्रह्माण्ड का आविर्भाव हुआ होगा। परन्तु यह ध्यान देने योग्य है कि ब्रह्माण्ड की रचना का कोई स्थान नहीं था। जो हम स्पष्टतया कह सकते हैं वह यह कि ब्रह्माण्ड सत्र ही रहा है। वस्तुतः आकाशीय विस्तार (इसके फलाव की दृष्टि से) अनन्त है परन्तु उम्र की दृष्टि से नहीं। अर्थ शब्दों में इस प्रकार कहा जा सकता है कि अनन्त ब्रह्माण्ड का सीमित भाग ही हम देख रहे हैं जिसके समय पर तो सीमा ध्यान है, पर तु स्थान पर नहीं। ब्रह्माण्ड का फलाव होता रहता है परन्तु जब किसी समय की हम बात करते हैं तब वह सभी दिशाओं में एकसार रहता है।

बृहद् विस्फोट

ज्यों-ज्यों ब्रह्माण्ड का विस्तार होता है वस्तुएँ एक दूसरे के सापेक्ष दूर और अधिक दूर होती जाती हैं। आइये इस जानकारी का समय की उल्टी दिशा में बहिर्वेशन करें ऐसी स्थिति में हम यह पता चलता है कि वस्तुएँ एक दूसरे के नजदीक और नजदीक आती जा रही हैं। इस क्रम में बहुत-बहुत पहले के भूतकाल में एक वह

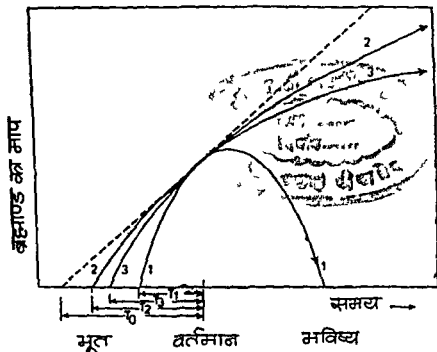
समय रहा होगा जबकि ये पदार्थ इतने पास-पास थे कि वहां घनत्व अधिकतम था। उसी स्थिति से ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति हुई होगी। हम उसे प्रारम्भिक क्षण कहते हैं जबकि बृहद् विस्फोट हुआ था और तब से पदार्थ का एक दूसरे से हटना प्रारम्भ हुआ।

दूरस्थ मदाकिनिया के वेगो और उनकी दूरियों के मध्य समानुपातिक स्थिरांक हबबल नियतांक (Hubble Constant) कहलाता है। सिद्धान्ततः इस नियतांक के मान पर ब्रह्माण्ड की आयु निर्भर करती है। अब भी, इस नियतांक के मान में आवश्यक परिशुद्धता नहीं है। मान की यह अनिश्चितता हमारे उपकरणों द्वारा पाई गई दूरियों के कारण है। हम 15 से 30 किमी/से प्रति दस लाख प्रकाश-वर्ष हबबल नियतांक के मानों को विश्वस्त मानते हैं। इनका उपयोग करने पर ब्रह्माण्ड की उम्र 10 से 20 अरब वर्षों की प्राप्त होती है। एक और भी विधि है कि सबसे पुराने तारे के विकास काल का मान ज्ञात करें। इस प्रकार भी 40 से 20 अरब वर्षों के मध्य ही ब्रह्माण्ड की आयु का मान ठहरता है। यहाँ एक राचक स्थिति है कि यदि हबबल नियतांक का मान उपयुक्त से अधिक मान लें तो पुरातन तारे की उम्र ब्रह्माण्ड की आयु से भी अधिक हो जायेगी जो कि असम्भव है।

सदैव से समरूप ब्रह्माण्ड

मिथ्यातत यह उचित ही पाया गया कि हम यह मान लें कि द्रव्यमान की दृष्टि से ब्रह्माण्ड समरूप है। अर्थात् सदैव विस्तारण की दर समान रहती है। ब्रह्माण्ड के माप को R तथा समय t को ग्राफीय तौर पर एक साथ दिखाने से कुछ रोचक परिणाम प्राप्त होते हैं। (क) यदि ब्रह्माण्ड स्थिर होता अर्थात् न फलाव न सिकुड़न तो t के प्रत्येक मान के लिए R का एक ही मान होता (ख) मगर विस्तारणशील ब्रह्माण्ड में R का मान लगातार बढ़ेगा। जब विस्तार, समरूप होता है तो R समय के साथ रैखिक रूप में बढ़ता है। चित्र में ऊपर की ओर R में वृद्धि और दायी ओर t में वृद्धि दिखाई गई है। वहाँ वर्तमान भूत और भविष्य की स्थितियाँ हम देखते हैं। (i) लगभग खाली ब्रह्माण्ड की कल्पना जहाँ कि बृहद् विस्फोट के बाद से R में एकसार वृद्धि हो रही है मगर रेखा द्वारा दिखाई गई है। ब्रह्माण्ड का उद्भव समय इसमें T_0 से इंगित है। (ii) यदि ब्रह्माण्ड का माध्य घनत्व पर्याप्त अधिक हो और फलाने की गति धीमी होकर एक क्रांतिक मान पर पहुँच जाय तो वह स्थिति वक्र सख्या 1 से बताई गई है। यहाँ हम पाते हैं कि एक स्थिति घाने पर ब्रह्माण्ड का विस्तार होना ठहर जाता है और सिकुचन प्रारम्भ हो जाता है। अर्थात् दूरी का मान शून्य की ओर गिरता जाता है। इस तरह तो एक भ्रमस्था वह पहुँच जायेगी कि शुरू की स्थिति में लौट आये। यह ब्रह्माण्ड का बद्धरूप माडल हुआ।

क्योंकि विस्तार हुआ फिर लोट भाया पूर्वावस्था मे । इस सिद्धान्त के अनुसार विस्तार और फिर सकुचन का काल आकर पुन बृहद् विस्फोट की स्थिति पैदा होती है । अन्य शब्दों मे बृहद् विस्फोटों की पुनरावृत्ति होती रहेगी भत इस सिद्धांत को



ब्रह्माण्ड का आवर्ती मॉडल भी कहते हैं । यह सिद्धांत अधिक स्वीकृति प्राप्त मॉडल नहीं है । क्यों ? इसके कई कारण हैं कोई ऐसा कारण हम प्रतीत नहीं होता जो यह बताता हो कि फिर से बृहद् विस्फोट होगा । सामान्य सापेक्षता सिद्धांत तो विपरीतत बताता है कि सकुचन की स्थिति आने पर ब्रह्माण्ड एक बृहद् कृष्ण विचित्र हो जायेगा । वैकल्पिक तौर पर हम उस स्थिति को लें जबकि माध्य घनत्व का मान अल्प हो और गुरुत्वाकर्षण के कारण वस्तुओं मे आकर्षण खिंचाव इतना अधिक नहीं हो कि यह विस्तार का रोके तो ब्रह्माण्ड फैलता रहेगा । इस तरह का ब्रह्माण्ड का मॉडल खुला ब्रह्माण्ड मॉडल कहलाता है ।

ब्रह्माण्ड के तीन मॉडल

घनत्व का क्रांतिकमान लेकर चित्र मे दिखाया गया वक्र 3 उस मध्य स्थिति के लिए है जबकि ब्रह्माण्ड सदा ठीक से बढ़ता जाय । यह वस्तुतः खुले ब्रह्माण्ड और बंद ब्रह्माण्ड के बीच की सपाट स्थिति है । चित्र मे खाली ब्रह्माण्ड के लिए (जहाँ कि धीमा करने वाला बल नहीं है) प्रारम्भिक समय को T_0 कहा गया है और वक्र

खण्डित रेखा द्वारा दिखाया गया है। इस से तुलना करने पर खुला ब्रह्माण्ड माडल के अनुसार ब्रह्माण्ड की उम्र $2/3 T_0$ से T_0 के मध्य आती है जबकि बंद ब्रह्माण्ड मांडल को प्रयुक्त करें तो ब्रह्माण्ड की उम्र $2/3 T_0$ से कम होगी। तीनों माडल के लिए संबंधित मान सारणी में दिये गये हैं। परिकलन में हबबल स्थिरांक 20 किमी/संकण्ड प्रति दस लाख प्रकाशवष लिया गया है। गणना से प्राप्त माध्य घनत्व के मान भी दिये गये हैं—

माडल के लिए वक्र की सख्या	ब्रह्माण्ड का प्रकार	उम्र भरव वर्षों में	माध्य घनत्व (ग्राम/सेमी ³)
3	सपाट	$T = 10$	$D = 10^{-29}$
2	खुला	$10 < T < 15$	$D < 10^{-29}$
1	बंद	$T < 10$	$D > 10^{-29}$

प्रातिक घनत्व ब्रह्माण्ड का नाम सपाट ब्रह्माण्ड रखने के पीछे इसकी विशिष्ट ज्यामिति है। इसका अर्थ नाम यूक्लिडियन थाइस्टाइन डिस्टर ब्रह्माण्ड भी है।

निरंतर सृजन सिद्धान्त

सन् 1950 और तदनंतर एक अन्य सिद्धान्त ब्रह्माण्ड के लिए प्रतिपादित हुआ जिसे स्थिर अवस्था मांडल कहते हैं। इस माडल के आविष्कर्ता थे बोण्डी गोल्ड और हायल। इस सिद्धांत का विकास एक विशिष्ट अवधारणा से होता है। अवधारणा यह है कि चूंकि मान वृहद् है अतः सब समय के मानों के लिए ब्रह्माण्ड का घनत्व एवसार ही है। अर्थ शब्दा में स्थिर-अवस्था मांडल में द्रव्यमान ऊर्जा संरक्षण नहीं होता है। स्मरण रहे द्रव्यमान ऊर्जा संरक्षण भौतिकी के मूल सव माय सिद्धांतों में से एक है। यों तो ज्यों ज्यों ब्रह्माण्ड का विस्तार होता जायेगा द्रव्यमान का घनत्व कम होगा ही। चूंकि माध्य घनत्व का मान एक ही रहे इसके लिए लगातार द्रव्यमान रचना की कल्पना करनी होगी। यही इस सिद्धान्त की मूल नई अवधारणा है। इसीलिए स्थिर अवस्था मांडल को निरंतर सृजन सिद्धान्त भी कहते हैं। यह सिद्धान्त यह भी अनुमान देता है कि इस निरंतर पदार्थ सृजन की दर कितनी है। निश्चय ही इस सिद्धांत में किसी समय पर पुराने तारे और मदाकिनियों की सख्या तो वही रहनी चाहिए। अतः यह सृजन धीरे-धीरे और नियमित रूप से है। सृजन परमाणु हर परमाणु है। इस सिद्धांत में यह कहा जाता है कि स्थिरावस्था ब्रह्माण्ड है वह घनत है और सदैव से ही रहा है।

बृहद् विस्फोट

ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के लिए वैज्ञानिक धारणा को अब हम लेते हैं। यह बृहद् विस्फोट (big bang) सिद्धांत कहलाता है। बृहद् विस्फोट या स्टेण्डर्ड मांडल

1967 में घाया । राबर्ट बागोनर, विनियम पाउनर और फेड हॉयल ने तीन मूल-भूत और धरवाबधक प्रत्यय दिए जो कि उत्पत्ति के प्रारम्भिक चरण मिनटों में ब्रह्माण्ड में जा परिवर्तन घाते के बताते हैं । पहली महत्वपूर्ण जानकारी है कि विस्तार के साथ ब्रह्माण्ड ठण्डा होता जाता है । उत्पत्ति के पहले सेकण्ड के किसी छोटे घण म यह बल्पनातीत रूप से कम था । 1/100वां सेकण्ड हो गया तापमान का मान एक लाख डिग्री केल्विन रह गया । तीन मिनटों के पश्चात् तापमान गिरकर एक धरब डिग्री केल्विन रह गया । फिर सात साथ वर्षों बाद तापमान केवल तीन हजार डिग्री केल्विन रह गया । स्पष्ट है कि इन तापमानों को मापने वाला कोई था नहीं और ये मान स्टेण्डर्ड सिद्धांत से प्राप्त होते हैं । फिर भी यह जानकारी महत्वपूर्ण है कि ब्रह्माण्ड रचाय के मात सारत वर्षों बाद जित भीति का विकिरण उर्गजित हुआ था उसका शीण चौप को ता वस्तुत प्रेषित किया गया है । नि सदेह यह प्रेषण महत्व बृहद् विस्फोट सिद्धांत का महत्वपूर्ण तथ्य-साध्य है । सिद्धांत का एक और महत्वपूर्ण भविष्यहोन यह है कि प्रारम के बाल में गर्मी इतनी अधिक थी कि फोटॉनों के सपट से पदाय उत्पन्न हो सकता था । आधुनिक भीतिरी के सिद्धान्त प्रयुक्त कर विस्तार से गणना करने पर हम पात हैं कि उस घाग के गोले में फोटॉन (प्रकाश का कण) और धनमय मूलभूतकणों के बीच जटिल त्रियाएँ सम्भव थी । इस सिद्धांत की तीसरी मूल भविष्यारणा यह है कि फोटॉनों की ऊर्जा भाग के गोले के तापमान से घाती है । जितना अधिक तापमान उतनी अधिक ही ऊर्जा होगी किसी फोटान की । ऐसे दो फोटॉनों के सपट से भारी कण उत्पन्न होंगे । इस भीति जैसे-जैसे घाग का गोला ठण्डा होता गया अनुमानित तीर पर पदाय के कण और प्रकाश क कण (फोटॉन) में परिवर्तन घाते गये ।

निर्माण के प्रारम्भिक काल में

बृहद् विस्फोट के प्रारम्भिक 0.01 सेकण्ड से पहले के समय में कौन से मूल कण हाने चाहिए कइ जटिल समस्याएँ हैं जिनके बारे में अभी हम निरुत्तर हैं । अत तब की बात हम नहीं करते । एक सरब डिग्री केल्विन तापमान से कम पर ही कुछ-कुछ निश्चिततापूर्वक गणनाएँ की जा सकती हैं । हम समझते हैं कि 0.01 सेकण्ड बाद का ब्रह्माण्ड विकिरण और पदाय की घनी खिचड़ी रूप का था । एक दूसरे में कण अघाधु घ टकरा रहे थे । पाजिट्रान इनेक्ट्रान प्रोटान, यूट्रॉन बहुत सारे कण थे । फोटान-पोट्रॉन को नष्ट कर इलेक्ट्रान पाजिट्रान बनाते, यूट्रॉन प्रोट्रॉन बन रहे हैं और प्रोट्रॉन यूट्रॉन में परिवर्तित हो रहे हैं । फिर भी उस तापमान पर यह सम्भव नहीं था कि प्रोट्रॉन यूट्रान से संयोजित होकर भारी परमाणवीय नाभिक की रचना कर सकें ।

जब एक सेकण्ड व्यतीत हो गया यानी तापमान 10 धरब डिग्री रह गया उस समय घनत्व का मान गिरकर वहाँ पहुँच गया कि यूट्रानो मुक्त हो सकते थे

और वे दिक् में मुक्त रूप से विचरण कर सकते थे। निस्सदेह तब के ये 'यूट्रोनो अब भी आकाश में विद्यमान होने चाहिए। प्रतीत का रहस्य पेट में लिये इन कणों का समूचन करने या पता लगाने का हमारे पास अभी कोई उपकरण नहीं है। भविष्य में ऐसे उपकरण के विकसित होने पर सिद्धान्त द्वारा प्रदत्त ऊपर वर्णित ज्ञान की और पुष्टि समभव है। तो ब्रह्माण्ड फलता रहा और ठण्डा होता रहा। तीन मिनट और छयालीस सेकण्ड के बाद एक महत्वपूर्ण घटना आरम्भ होती है परमाण्विक नाभिक बनना। प्रोटॉन और 'यूट्रॉन सयोजित हो 9×10^8 K तापमान पर स्थाई परमाण्विक नाभिक बनाते हैं। सम्भवतया आरम्भिक परमाणु ड्यूटिरान (भारी हाइड्रोजन) ही होगा। कई सपट्टों के बाद ही ड्यूटिरान हीलियम नाभिक में परिवर्तित हुए होंगे जिसमें दो प्रोटॉन और दो 'यूट्रॉन होते हैं। यह परमाणु भार चार का कण (तत्त्व का नाभिक) हुआ। इस आरम्भिक काल में ही कुछ हल्के तत्त्वों की रचना हुई होगी। भारी तत्त्व तो बहुत बाद में तारे के गर्भ में ही जमे। वृहद् विस्फोट का यह स्टेण्डर्ड मॉडल गणना द्वारा बताता है कि शुरू में 25 प्रतिशत पदार्थ हीलियम और पचहत्तर प्रतिशत हाइड्रोजन रहा। इस मॉडल के भविष्यकथन की यह क्षमता ही इस मॉडल की सबसे बड़ी सफलता है। यही अनुपात तो सूर्य बहस्पति, तारे और अंतराकाशीय वस्तुओं में है। सात लाख वर्षों बाद में जबकि तापमान मात्र तीन हजार डिग्री केल्विन रह गया और परमाण्विक नाभिकों का घनत्व एक हजार प्रति वग सेन्टीमीटर रह गया तब इलेक्ट्रॉन और नाभिक ने समुक्त हो उदासीन परमाणु की रचना की होगी। इस भाँति उदासीन द्रव्यमान की रचना ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के सात लाख वर्षों बाद की बात है।

स्मरण रहे कि, वृहद् विस्फोट की तुलना किसी वृहदतम तारे के विस्फटन जसो नहीं मान लेना चाहिए। आग के गोले की न तो सीमाएँ थी न ही कोई स्थान विशेष। यह तो सवन्न था। हम कह सकते हैं कि 'आग का गोला' अब भी विद्यमान है क्योंकि आरम्भिक विकिरण और पदार्थ तो अब भी हैं। दूसरे वह धस विस्तार या चुका है बरना है तो वह ही। उस मूल चिनगारी से ही हमारे शरीर के विभिन्न घटक बने हुए हैं।



मदाकिनिया

आकाश गगा

सन् 1785 मे दूरबीन को काम मे लेकर हशल नामक बज्ञानिक ने आकाश मे विभिन्न दिशाओ मे तारो की गिनती की थी। उहोने पाया कि आकाश गगा (Mikyway) की किसी भी दिशा मे तारों की सख्या लगभग समान ही है। इसी आधार पर यह कहा गया कि सूर्य आकाश गगा के केन्द्र मे स्थित है। वस्तुतः इस प्रेरणा पर गौर करें तो हम एक त्रुटि पाते हैं कि तारों की यह गिनती तो हम आकाश गगा के बहुत ही छोटे भाग मे कर रहे हैं। इस मदाकिनी (Galaxy) के अधिकांश तारो का प्रकाश तो हम तक इसलिए नहीं पहुँच पाता कि दिक् मे फैली अंतरतारकीय धूल (Interstellar dust) उसे रोक लेती है। लगभग 1920 मे आकाश गगा का ठीक से आकार अनुमानित किया गया। तब यह पाया गया कि दृष्ट चकती के केन्द्र मे सूर्य स्थित नहीं है वह तो केन्द्र से बडा दूर है। आकाश गगा एक पतली चूताकार सी चकती है। इसमे चमकदार पदाथ एक लाख प्रकाशवप व्यास मे पता है इस चकती की मोटाई करीब एक हजार प्रकाशवप है। यह चमकीला



आकाश गगा मदाकनी

पदाथ एक लाख पचास हजार प्रकाशवप दूरी मे फैले अप्रकाशित पदाथ मे बसा हुआ है। सूर्य आकाश गगा के केन्द्र के चहुँ मोर तीस हजार प्रकाशवप की दूरी पर

परिक्रमा करता है। अंतरराक्षीय आकाश में उदासीन हाइड्रोजन की प्रधानता है। इस अंतराकाशीय पदार्थ से प्राप्त विकिरणों से पता चलता है कि बनावट में हमारी आकाश गंगा सर्पिल आकार की है। मगर यह दो सर्पिल मुड़ाए रखती है। आकाश गंगा ध्रुवन गति करती है। ही सौर मण्डल की भाँति यह परिभ्रमा नहीं करती। आकाश गंगा के घटक जैसे कोई तारा या धूल का बादल इन प्रत्येक के परिभ्रमा की केन्द्र के चहुँ ओर अपनी अपनी कक्षाएँ हैं। आकाश के भिन्न भिन्न भागों में पदार्थ की रासायनिक बनावट में अंतर है। स्मरण रहे, समय के साथ साथ मदाकिनी में नारी तत्वों की मात्रा बढ़ती जाती है।

मदाकिनी का अपना चुम्बकीय क्षेत्र प्रायः होता ही है। सूर्य के धब्बों (Sun spots) से स्पष्ट है कि सूर्य में चुम्बकीय क्षेत्र है। कुछ तारों में बहुत शक्ति वाला चुम्बकीय क्षेत्र पाया गया है। मदाकिनी के आभामण्डल में चुम्बकीय क्षेत्र की उपस्थिति पाई जाती है। अब इस चुम्बकीय क्षेत्र में जब कोई आवेशित कण प्रवेश करता है तो वह सर्पिलाकार या गोलाकार रूप से चक्कर लगाने लगता है। कण इस तरह अधिक और अधिक वेग प्राप्त करता चला जाता है। जब यह कण अपना वेग प्रकाश के वेग के समीप पा लेता है तो वह विकिरण उत्सर्जित करने लगता है। यह सिंक्रोटोन विकिरण कहलाता है। मदाकिनियों से भिन्न भिन्न सिंक्रोटोन विकिरण प्राप्त होते हैं जिनसे कई जानकारीया प्राप्त होती हैं। उनमें से एक महत्वपूर्ण जानकारी अंतराकाशीय चुम्बकीय क्षेत्र की है।

मदाकिनी के केन्द्र के पास तारों का भुण्ड दिखाई देता है जिसे कि वज्रा निवृत्त/मापा में उभार से सदाघित किया जाता है। इस उभार के केन्द्र को अक्ष प्रकाश क्षेत्र में नहीं देख पाते हैं हम। मगर वहाँ से उच्च ऊर्जा की एकस और गामा किरणें जो अंतराकाश को पार कर हमारे सूक्ष्म यंत्रों में आती हैं उससे यह स्थिति ज्ञात होती है। मदाकिनी के केन्द्र से पाँच प्रकाश वर्ष दूरी पर एक छदला है जिसमें उच्च घनत्व की अणुविक्रम और धूलि है। यह धूलि काफी गम है। समय के साथ यह धूलि ठण्डी नहीं हो रही है जिससे स्पष्टतया पता चलता है कि इसे गर्म रखने वाला कोई न कोई स्रोत वहाँ होना चाहिए। इस स्रोत की स्थिति मदाकिनी के केन्द्र के पास ही है। ये ऊर्जा के स्रोत प्रकाश के भीमकाय तारे हैं। बहुत सारे लाल अक्ष भीमकाय तारे हैं कुछ नीले रंग के भीमकाय तारे हैं और समावना तो यहाँ तक बनती है कि वहाँ वृष्ण विधिर भी ही।

प्रसरणशील ब्रह्माण्ड

इस सदी के आरम्भिक वर्षों में ही नक्षत्र वज्ञानिक यह तथ्य मली भाँति जान गये थे कि मदाकिनिया हमसे दूर होती जा रही हैं। प्रत्येक वस्तु का हम से दूर आभासी प्रसरण का यह प्रेक्षण हमें ब्रह्माण्ड के इतिहास के बारे में जानकारीया

देता है। हमारी आकाश गंगा की तुलना में दूर स्थित मदाकिनियों के स्पेक्ट्रम में डबलर विस्थापन कहीं अधिक पाया गया है। हम से दूर जा रही मदाकिनियों की वयस्कम (या स्पेक्ट्रमी) रेखाएँ अधिक तरंगदैर्घ्य (अर्थात् लाल रंग) की ओर खिसक जाती हैं। इस स्थानांतरण को डबलर विचलन या खिसकाव कहते हैं। प्रथम विश्वयुद्ध के समय में ही यह पता लगाया जा चुका था कि चालीस मदाकिनियां तो हम से 2000 किमी/से की चाल से दूर हट रही हैं। अधिक दूरी की मदाकिनियां 20,000 किमी/से की चाल से दूर होती जा रही हैं। हबल ने इन प्रेक्षकों से एक निष्कर्ष भी निकाला कि दूर जाने की चाल का मान हमसे दूरी पर निर्भर करता है। इस भाँति मदाकिनियों की दूरियाँ ज्ञात की जा सकती हैं। एक और बात ध्यान देने योग्य है कि प्रसरणशील ब्रह्मांड से हमारा तात्पर्य है कि ब्रह्मांड का विस्तार समरूपत हो रहा है। शास्त्रीय भाषा में कहें तो सारे ही प्रेक्षकों को सभी पिण्ड ऐसे प्रतीत हो रहे हैं कि वे दूर जा रहे हैं, दूर जाने की चालों का मान दूरियों के मानों के समानुपाती है। फिर भी यह स्मरण रहना चाहिए कि ब्रह्मांड के प्रसरण से यह मतलब नहीं लेना चाहिए कि मदाकिनियाँ और उनका समूह स्वयं फैल रहा है। इनके मध्य गुरुत्वाकर्षण का बल इन्हें बाधे हुए है। नजदीकी मदाकिनियों के लिए तो इस ब्रह्मांड विस्तारण का प्रभाव नगण्य सा ही प्रेक्षण में आता है। चूँकि दूर स्थित मदाकिनियों की चालें अधिक होंगी अतएव एक दूसरे से पर्याप्त मानों में दूर हटती हुई प्रकट होंगी। एक आवश्यक बात और कि हम अब तक प्रकाशवय दूरस्थ वस्तुओं की खर्चा कर रहे हैं। और जिन्हें हम आज अभी देख रहे हैं उसकी वह घटना तो बहुत-बहुत पहले के अतीत की है। यह सूचना हमें तब उत्सर्जित विकिरण के माध्यम से आज प्राप्त हो रही है।

मदाकिनियों के प्रकार

मदाकिनियों दो वर्गों में बाँटा गया है—सपिल और दीघवृत्ताकार। वैसे कुछेरु ऐसी भी हैं जो आकृति की तोर पर अनियमित सी हैं।

सपिलाकार हमारी आकाशगंगा और एन्ड्रोमिडा M 31 मदाकिनी सपिलाकार हैं। एक सपिलाकार मदाकिनी को हम निम्न भागों में बाँट सकते हैं। केन्द्रीय नाभिक चकती आनामडल सपिल मुजाएँ और फिर अर्धवारमय अन्तरतारकीय पदाय। सपिल मुजाओं में अपेक्षाकृत तीर पर युवा तारे होते हैं। इनमें अधिक चमकते दमकते बृहद् भीमकाय तारे हैं। ऐसे चमकीले तारों से बनी मदाकिनी ऐसे प्रतीत होते हैं मानों बच्चों का खिलौना फिरवनी हो। सामान्यतया सपिलाकार मदाकिनियों का दृष्ट भाग 20,000 से 100,000 प्रकाशवय व्यास के परिसर में होता है। द्रव्यमान के बारे में अनुमान है कि सूर्य के द्रव्यमान से इनका मान 10^9 से 10^{12} गुना होता है।

दीपवृत्ताकार—अधिक पुराने तारों से बनी मदाकिनियाँ गोलाकार और दीपवृत्ताकार हैं। इनकी किसी भाँति का मुजाए नहीं होनी। इनसे उत्सृजित प्रकाश में लाल रंग है अतः इनमें लाल रंग के तारों की अधिकता है। दीपवृत्ताकार मदाकिनियों में धूलि और अणु पदार्थों की मात्रा सर्पिलाकार की अपेक्षा कम है। ऐसी मायता है कि ब्रह्माण्ड की दो-तिहाई मदाकिनियाँ सर्पिलाकार हैं अतः दीपवृत्ताकार की संख्या भी पर्याप्त है। इनका आकार बृहद् है। द्रव्यमान अत्यधिक और चकाचौंध भी पर्याप्त काफी है। M 87 दीपवृत्ताकार की चौँध तो सर्पिल से भी अधिक है। बृहद् लाल मदाकिनियों का द्रव्यमान सूर्य से 10^{12} गुना अधिक है। कुछ दीपवृत्ताकार मदाकिनियाँ आकार में छोटी भी हैं जिनके तारों की संख्या कुछ लाख ही है।

अनियमित मदाकिनियाँ—बनावट में अनियमितता होने से कोई स्पष्ट स्वरूप उभर कर नहीं आता ऐसी मदाकिनियाँ अनियमित कहलाती हैं। बड़ी और छोटी मेगैलेनिक बादल हमारे सबसे नजदीक की अनियमित मदाकिनी है।

दो और तरह की मदाकिनियाँ जो प्रति महत्वपूर्ण हैं की घब हम विस्तार से चर्चा करते हैं। उज्ज्वल मदाकिनियाँ क्वासार (Quasar), दूसरी सक्रिय मदाकिनियाँ (active galaxies) जिनकी चौँध भी काफी ज्यादा है। ये दिक् के प्रति उज्ज्वल निशान हैं। ये बहुत ही अधिक दूरी पर स्थित हैं। दिक् में ये अधिकतम दूरियाँ हैं जिन तक हमारी पहुँच है। इनकी ऊर्जा के स्रोत किस भाँति के हैं यह रहस्य ही बना हुआ है।

रहस्यमयी क्वासार

क्वासारों की खोज सन् 60 के बाद हुई। सन् 1963 तक ऐसे चार आकाशीय स्रोतों का ज्ञान हो चुका था जो एक विशेष प्रकार के रेडियो सकेत प्रसारित करते हैं। इन रेडियो तारों से भेजे विकिरण के विश्लेषणों से किसी निश्चित निष्कर्ष तक नहीं पहुँचा जा सकता था कि इनका स्रोत क्या है? वस्तुतः इन्हें तारों की श्रेणी में रखने की अनिश्चितता ने ही इनके नामकरण की आरम्भिक औपचारिकता पूरी की। चूँकि ये क्वासो स्टेलर रेडियो स्रोत थे अतः इन्हें सक्षिप्त नाम क्वासार दिया गया। सन् 1963 में ही यह पता लग चुका था कि ये शक्तिशाली रेडियो स्रोत नहीं हैं। अब तो हम जानते हैं कि क्वासारों में से नब्बे प्रतिशत रेडियो स्रोत नहीं हैं। रेडियो सकेत उत्सर्जक क्वासार तो क्वासारों के उद्गम की आरम्भिक दशा का अमान करते हैं। वस्तुतः क्वासार बहुत ही दूर हैं और हैं भी मोहक। यह दूरी लग-

मग 75 अरब प्रकाशवर्ष है। कुछ बहुत ही अधिक दूर के क्वासार जो कि प्रकाश के वेग के 93% मान से दूर जा रहे हैं वे तो 13 अरब प्रकाशवर्ष दूर हैं। एक बार पुनः प्रकाश वर्ष दूरी का मान स्मरण कर तेरह अरब प्रकाशवर्ष दूर के मान का हिसाब लगायें और यह भी ध्यान दें कि जो आज प्रकाश दिखलाई दे रहा है वह कब स्रोत से रवाना हुआ होगा? निश्चय ही ये दूरियां हमारी जानकारी से मदाकिनी की दूरियों से बहुत अधिक है। या यो वहे कि क्वासार की खोज ने तो हमारे ब्रह्माण्ड का आकार और भी अधिक बढ़ा दिया। क्वासार द्वारा उत्सर्जित स्पेक्ट्रम पराबैंगनी क्षेत्र में अधिक चौंध लिये है और प्रायः सभी क्वासार एक्स किरणें उत्सर्जित करते हैं। क्वासारो के लक्षणो के अध्ययन से पता चलता है कि इनकी ऊर्जा का स्रोत ऐसा होना चाहिये जो 10^{40} वॉट शक्ति उत्पादित कर सके। यह ऊर्जा स्रोत सघनित भी होना चाहिए। यह स्रोत ऐसा हो जो कि इलेक्ट्रानो की तेज फुहारें छोड़ सके और इसका चुम्बकीय क्षेत्र शक्तिशाली हो। ऐसे स्रोत के बारे कई प्राक्कल्पनाएँ हैं। एक जो कि पर्याप्त रूप से आकषक है वह है कि इसके केन्द्र में (या नाभिक) एक बृहद् कृष्ण विविर होना चाहिए। यह कृष्ण विविर होना भी शक्तिशाली चाहिये—करोड़ों सूर्यों के द्रव्यमान से भी अधिक शक्ति धारण किये हुए। ऐसे कृष्ण विविर में निरंतर गिर रहे पदार्थ के कारण ऊर्जा उत्पन्न होती है। कैसे? तारे, धूलि और गैसों लगा-तार चक्कर लगाते लगाते केन्द्र की ओर बढ़ते हैं। कृष्ण विविर की ओर बढ़ते हुए ये चकती की आकृति बनाते हैं। ये पदार्थ ज्यों ज्यों समीप पहुँचते हैं सघनित होते हैं और अत्युच्च तापमान उत्पन्न करते हैं। यह उच्च ताप का पदार्थ कृष्ण विविर की ओर गिरते हुए विकिरण उत्सर्जित करता है।

क्वासारो की गैसीय संरचना हमारी आकाशगंगा सी ही है। क्वासारो में हल्की गैसों हाइड्रोजन और हीलियम ही नहीं बल्कि भारी गैसों कार्बन आक्सीजन नाइट्रोजन भी हैं। अवश्य ही, ब्रह्माण्ड के आरम्भिक काल में तो ये तत्व नहीं थे। तारों की प्रथम पीढ़ी के विकासकाल में ही इनका सघटन हुआ होगा। अरब प्रकाश वर्षों की दूरियों पर स्थित मदाकिनिया, अभूतपूर्व क्वासार जो कि दस अरब प्रकाशवर्ष दूर है भादि की गिनती कर हम दिक् के घनत्व का मान प्राप्त करते हैं। इसी गणना से ब्रह्माण्ड में विद्यमान पदार्थ की मात्रा का ज्ञान भी प्राप्त होता है। मदाकिनियो में नब्बे प्रतिशत पदार्थ अदीप्त प्रकार का है। अर्थात् दिक् में अधिकशः पदार्थ अदृश्यरूप में ही है।

मदाकिनियो से सम्बन्धित यह अध्याय समाप्त करने से पहले कुछ रोचक जानकारियों की ओर ध्यान देना उचित ही होगा। उन्नत के साथ मदाकिनियां कैसे विकसित होती हैं? पहली आरम्भिक स्थिति में तो सघटक तारो का विकास होता है। फिर नये तारे बनने की गति में कमी आती है और पुराने तारे सात पढ़ने

लगते हैं। स्पष्ट है कि आज तक तो बहुत कम सद्युपा की मदाकिनिया ही इस स्थिति में पहुँची हैं। अपने विकासकाल में एक मदाकिनी दूसरी मदाकिनी से सघट्ट कर सकती है। तारों का आपस में टकराने की तुलना में मदाकिनियों की टक्कर अधिक सम्भावित है। ऐसा इसलिए है क्योंकि उनके व्यासों की तुलना करें तो मदाकिनियाँ एक दूसरे के बहीं अधिक समीप पड़ती हैं। एक दूसरे के समीप आने पर कम सापेक्ष वेग से गुज़रती मदाकिनियाँ ज्वार उत्पन्न करती हैं। इस भाँति उन द्वारा भ्रम का पदाप क्षीण लेना सम्भव है। परस्पर क्रिया द्वारा सपिल का दीर्घवृत्त में परिवर्तित होना भी पाया गया है। वैसे बही मदाकिनी द्वारा छोटी को हृदय अपने में मिला लेना भी सामान्य पाया गया है।



तारे

हमारा ब्रह्माण्ड भौतिक शास्त्र की बृहद्दलम प्रयोगशाला है। आकाशीय पिण्डों को वस्तु मानकर जो बज्ञानिक अनुसंधान अध्ययन किया जाता है उस शाखा को खगोल भौतिकी कहते हैं। खगोल भौतिकी स्वयं ही एक विषय है—पर्याप्त विस्तार लिया विषय। यहाँ भौतिकी की मात्रात्मक विधियों उपकरणों का प्रयोग होता है। उदाहरणार्थ किसी तारे से आ रहे प्रकाश को हम वर्णक्रम एवं छाया चित्रों द्वारा प्रेषित करते हैं। इस प्रकाश से हमें तारे की आकाश में स्थिति गति उसका तापमान उसमें विद्यमान गैसों, नाभिकीय अभिक्रियाएँ आदि कई जानकारियाँ प्राप्त होती हैं। वस्तुतः तारों की रहस्यमयी दुनिया की सर के लिए ये हमारे आवश्यक पथप्रदर्शक हैं।

हमारा सूर्य एक तारा है। सबसे नजदीक का एकमात्र तारा। तारा, अर्थात् वह आकाशीय पिण्ड जो स्वयं ही ऊर्जा का स्रोत है। सूर्य के अतिरिक्त तीन और तारे पृथ्वी के समीप हैं। फिर भी नग्न नेत्रों द्वारा तो इनमें से मात्र एक ही दिखलाई देता है। यह है अल्फा सेंतारी (Alpha Centauri)। अल्फा सेंतारी एक जोड़ा तारा है। इसकी पृथ्वी से दूरी 4.4 प्रकाशवर्ष है। एक प्रकाशवर्ष लगभग 10^{13} किलोमीटर दूरी होती है। अतः अनुमान लिया जा सकता है कि सूर्य के अतिरिक्त यह दृश्यतारा हमसे कितना दूर है। इसके समीप का तारा है प्रोक्सिमा सेंतारी (Proxima)। वस्तुतः अल्फा सेंतारी जोड़े से प्रोक्सिमा सेंतारी हमारे नजदीक है। यह दूरी है 4.3 प्रकाश वर्ष। सिरिअस (Sirius) तीसरा तारा है जिसे हम पृथ्वी के समीप के तारों में गिनते हैं। यह 8 प्रकाशवर्ष दूर है। तुलना के लिए यह जान लेना उपयोगी होगा कि सूर्य से धरती पर प्रकाश आने में 8 मिनट का समय लगता है जबकि सिरिअस से छूटा प्रकाश जब तक हम तक पहुँचेगा 8 वर्ष व्यतीत हो चुके होंगे। मात्रात्मक अनुमान के लिए, पृथ्वी से पचास प्रकाश वर्ष की दूरी पर लगभग एक हजार तारे हैं। मगर वे नग्न आँखों से दिखलाई नहीं देते हैं। हम जो तारे दिखलाई दे रहे हैं वे वस्तुतः बहुत दूर हैं परन्तु अधिक चौंध लिये हैं इसलिए दिखलाई दे रहे हैं। तारों का आकाश में घनत्व एक तारा प्रति 300 प्रकाशवर्ष का घन है। इस घनत्व मान में परिवर्तन भी सम्भावित है क्योंकि हो सकता है तारे और भी हो जो हमारी गल्लवा में अज्ञानवश न आ पाये हो।

लगते हैं। स्पष्ट है कि आज तक तो बहुत कम सख्या की मदाकिनिया ही इस स्थिति में पहुँची हैं। अपने विकासकाल में एक मदाकिनी दूसरी मदाकिनी से सघट्ट कर सकती है। तारों का आपस में टकराने की तुलना में मदाकिनियों की टक्कर अधिक सम्भावित है। ऐसा इसलिए है क्योंकि उनके व्यासों की तुलना करें तो मदाकिनिया एक दूसरे के वहीँ अधिक समीप पड़ती है। एक दूसरे के समीप आने पर कम सापेक्ष वेग से गुज़रती मदाकिनिया ज्वार उत्पन्न करती हैं। इस भाँति उन द्वारा भ्रम का पदार्थ खींच लेना सम्भव है। परस्पर क्रिया द्वारा सपिल का दीर्घवृत्त में परिवर्तित होना भी पाया गया है। बड़े बड़ी मदाकिनी द्वारा छोटी को हड़प अपने में मिला लेना भी सामान्य पाया गया है।



एक घाय के चम्मच की मात्रा लगभग पचास टन होगी। यह पदार्थ परमाणु का नाभिक ही होता है क्योंकि इसके समटक इलेक्ट्रॉन हट चुके होते हैं। भ्रमण उद्भव के धरम बिन्दु पर प्रायः सभी तारे श्वेत बौने बन जाते हैं। भ्रमणो खरबो वर्षों बाद जबकि वे भ्रमणी अधिकांश ऊर्जा विकिरण द्वारा त्याग चुके होते हैं तो ठण्डे पड जाते हैं और श्याम बौने हो जाते हैं। श्वेत और श्याम दो ही अन्तिम प्रकार नहीं है तारों का मगर एक और भी है जिसका घनत्व बहुत ही अधिक है वे 'यूट्रॉन तारे' कहलाते हैं। सारणी में पंद्रह सबसे चमकदार तारे दिये गये हैं। सौर से इनका क्रम निर्धारित है। इनकी दूरी pc—पारसेक मात्र में है। एक पारसेक 3.09×10^{16} मीटर होता है।

तारा	दूरी(pc में)
सिरियस (Sirius)	2.7
कॅनोपस (Canopus)	30
अल्फा सेंताुरी (α Centauri)	1.3
आर्कटूरस (Arcturus)	11
वेगा (Vega)	8.0
कापेल (Capella)	14
रिगेल (Rigel)	250
प्रोकियोन (Procyon)	3.5
बेतेलजिउसे (Betelgeuse)	150
आर्कनार (Achernar)	20
बीटा सेंताुरी (β Centauri)	90
अल्तैर (Altair)	5.1
अल्फा क्रूसि (α Crucis)	120
आल्डेबारा (Aldebaran)	16
स्पिका (Spica)	80

अंतरतारकीय पदार्थ

यदि हम पृथ्वी के वायुमण्डल से तारों के मध्य स्थित पदार्थ की तुलना करें। हम कहेंगे कि वहाँ तो निर्वात है। ऐसा खालीपन जिसे पृथ्वी की किसी भी जगह में उत्पन्न करना असंभव ही है। मगर यह भ्रमण बहुत बड़ा है और जहाँ तहाँ गसों के बादल, छोटे छोटे ठोस पदार्थ के कण हैं। अंतराकाश में पदार्थ की मात्रा एक प्रतिघन है। हाइड्रोजन हीलियम गैसों से तारे बने हैं।

द्वितारे

हमारे पास के उनसठ तारों में से अट्ठाईस तो ऐसे हैं जो कि एक से अधिक का जोड़ा बनाने हैं। जुड़वा तारे या द्वितारों के विश्लेषण में हम तारा की भाकृति और द्रव्यमान के बारे में जानकारी प्राप्त करते हैं। ऐतिहासिक दृष्टि से सन् 1650 में एक इतालवी खगोलशास्त्री रिब्योली ने 'मिजार' नामक द्वितारा खोजा। एक और सुजात द्वितारा है बेस्टर। यह जमिनी तारा समूह में है। जब हम तारों के द्रव्यमान और उनकी दीप्ति की तुलना करते हैं तो ज्ञात होता है कि अधिक भारी तारों की दीप्ति भी अधिक है। सही तौर पर, किसी तारे की चौंध उसके द्रव्यमान की 3.5 घात के समानुपाती होती है।

द्रव्यमान और आकार

तारों के व्यास सूत्र के कोणीय व्यास से तुलना कर ज्ञात किया जाते हैं। सूर्य का कोणीय व्यास $\frac{1}{2}^{\circ}$ है। हमारे उपकरणों से यह सामान्यतया विभेदित होने वाला व्यास है। फिर भी बहुत सारे तारे ऐसे हैं जिनके व्यास का मान उपकरण द्वारा ज्ञात किया जा सकने वाले छोटे मान से भी कम है। अतः अन्वय विधियाँ विकसित की गई हैं। इन ज्ञात व्यासों की तुलना करने पर हम पाते हैं कि हमारे समीप के अधिकांश तारों का आकार सूर्य जितना है। कुछ लाल रंग के तारे काफी बड़े हैं इन्हें दीघकाय (Super giant) कहते हैं। तारा के द्रव्यमान का निर्धारण किसी तारे के अन्वय तारे के साथ गुरुत्वीय अन्वय त्रिज्या प्रभाव के माप द्वारा किया जाता है। यह कुछ कुछ इसी भाँति है जैसे कि सूर्य का द्रव्यमान पृथ्वी की परिक्रमा से सन्वर्धित मानों को प्रयोग में लेकर प्राप्त किया जाता है। प्रायः लाल दीघकाय (Red Super giants) तारों का औसत घनत्व बहुत कम होता है। उदाहरणार्थ एक लाल दीघकाय का आयतन सूर्य से 640 लाख गुना अधिक होते हुए भी द्रव्यमान तो उसका सूर्य से पचास गुना ही है। रॉस 614बी एक लाल बीना है। इसकी सतह का तापमान 2700 K है। इसकी दीप्ति सूर्य का $1/2000$ भाग ही है। मगर इसका घनत्व सूर्य से अधिक है। लाल दीघकायों के घनत्व मानों में भारी परिवर्तन पाया जाता है।

श्वेत बौने

तारों की एक अन्वय आकृषक जाति श्वेत बौने (White dwarf) हैं। हमारे समीप के तारा में से एक है 40 इरीडानी बी। यह गरम तारा 12000 K तापमान का है। गणना से पता चला है कि इसकी त्रिज्या तो सूर्य की डेढ़ प्रतिशत ही है मगर इसका द्रव्यमान सूर्य के आधे से जरा कम है। इस भाँति इस तारे का घनत्व 2 लाख ग्राम प्रति घन सेमी है। केवल अनुमान के लिए इसके पदाथ के

एक चाय के चम्मच की मात्रा लगभग पचास टन होगी। यह पदार्थ परमाणु का नामिक ही होता है क्योंकि इसके सघटक इलेक्ट्रॉन हट चुके होते हैं। अपने उद्भव के क्षरम बिन्दु पर प्रायः सभी तारे श्वेत बौने बन जाते हैं। भ्ररवों-खरवों वर्षों बाद जबकि वे अपनी अधिकांश ऊर्जा विकिरण द्वारा त्याग चुके होते हैं तो ठण्डे पड जाते हैं और श्याम बौने हो जाते हैं। श्वेत और श्याम दो ही अन्तिम प्रकार नहीं है तारों का मगर एक और भी है जिसका घनत्व बहुत ही अधिक है वे 'यूट्रॉन तारे' कहलाते हैं। सारणी में पंद्रह सबसे चमकदार तारे दिये गये हैं। शौघ से इनका क्रम निर्धारित है। इनकी दूरी pc—पारसेक मात्र में है। एक पारसेक 3.09×10^{16} मीटर होता है।

तारा	दूरी(pc में)
सिरिअस (Sirius)	27
कॅनोपस (Canopus)	30
अल्फा सॅतारी (α Centauri)	13
आर्कटूरस (Arcturus)	11
वेगा (Vega)	80
कापेल (Capella)	14
रिगेल (Rigel)	250
प्रोकियॉन (Procyon)	35
बेतेलगिउसे (Betelgeuse)	150
आर्कनार (Achernar)	20
बीटा सॅतारी (β Centauri)	90
अल्तेअर (Altair)	51
अल्फा क्रुसिस (α -Crucis)	120
आल्डेबारान (Aldebaran)	16
स्पिका (Spica)	80

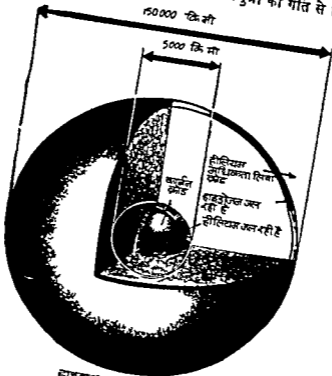
अतरतारकीय पदार्थ

यदि हम पृथ्वी के वायुमण्डल से तारों के मध्य स्थित पदार्थ की तुलना करें तो हम कहेंगे कि यहाँ तो निर्वात है। ऐसा खालीपन जिसे पृथ्वी की किसी भी प्रयोगशाला में उत्पन्न करना असंभव ही है। मगर यह आकाश बहुत बड़ा है और इसमें जहाँ-तहाँ गैसों के बादल, छोटे छोटे ठोस पदार्थ के कण हैं। अंतराकाश में ठोस पदार्थ की मात्रा एक प्रतिघत है। हाइड्रोजन हीलियम गैसों से तारे बने हैं।

बॉल्मिक किरणें भी हैं मगर द्रव्यमान की दृष्टि से इनकी मात्रा ही कम भी है। तुलना की दृष्टि से ध्यान दें कि हमारी आकाश गंगा की सपिल कुण्डली की भुजा में यह पदार्थ लगभग एक परमाणु प्रति घन सेटीमीटर है और पृथ्वी पर यह मान 10^{19} ग्रणु प्रति घन सेटीमीटर है। मगर याद रहे कि हम बहुत बहुत अधिक आयतन की बात कर रहे हैं इसलिए घनत्व का मान कम हाते हुए भी कुल द्रव्यमान की मात्रा बहुत अधिक है।

तारकीय ऊर्जा

सूर्य और तारों के गर्मों में क्या प्रक्रियाएँ हो रही हैं इनके बारे में हम अच्छी जानकारी है। तारों में ऊर्जा का महारण भ्रान्तरिक ऊर्जा के रूप में है। यह ऊर्जा तापीय और गुह्यवीय स्वरूप की है। गैस के अणुओं की गति से निर्धारित ऊर्जा



हाइड्रोजन ऊर्जा उत्पन्न करता है

तापीय ऊर्जा होती है। किसी वस्तु के अधिक तापमान से तापमान है कि उसके घटक अणुओं की गति अधिक है। जब गति में कमी आती है तो इसका अर्थ होता है कि उसकी ऊर्जा अनुसूचित ऊष्मा और प्रकाश के रूप में उत्सर्जित हुई है। एक तारा

घपने विभिन्न भागो के गुरुत्वीय आकषण से आकृति में बना रहता है। यदि ये विभिन्न भाग और पास पास आते जाय तो गुरुत्वीय ऊर्जा ऊष्मा में रूपांतरित होगी। हेल्म हाल्टज और लाड केल्विन नामक वैज्ञानिकों ने यही कल्पना प्रतिपादित की थी। सूर्य के बारे में उनका कहना था कि उसका सकुचन बहुत धीमे धीमे होता है और इस भाँति सूर्य अरबों वर्षों तक अपनी यह ऊष्मा बनाए रखेगा। इस तक पर गणना की जाये तो पृथ्वी की वायु सूर्य की वायु से भी अधिक आती है। अतएव सूर्य और ऐसे ही तारों की घनाचोंघ पदार्थ के सकुचन के कारण नहीं है। द्रव्यमान और ऊर्जा समतुल्य हैं—आइंस्टाइन का यह सिद्धान्त ही वह कारण है जिससे सूर्य और तारों में ऊष्मा बनी रहती है। अर्थात् वस्तुतः वही द्रव्यमान का ऊर्जा में लगातार रूपांतरण हो रहा है।

सूर्य

ऐतिहासिक तौर पर लगभग 1928 में यह सम्भावना व्यक्त की गई कि हाइड्रोजन, हीलियम के संलयन से तारों में ऊर्जा उत्पन्न होती है। कितनी अधिक ऊर्जा संलयन अर्थात् परमाणुओं के मिलकर एक हो जाने पर उत्पन्न होती है उसका अनुमान करने के लिए हम एक उदाहरण देखते हैं। यदि एक सेकण्ड में एक किलोग्राम हाइड्रोजन हीलियम में रूपांतरित हो जाय तो 6×10^{14} वाट की शक्ति उत्पन्न होगी। पृथ्वी पर बिद्युत् ऊर्जा के वायविक उपयोग की मात्रा से यह दस गुना है। सूर्य की घतमान चोंघ 4×10^{26} वाट शक्ति के कारण से है। यह मात्रा प्रति सेकण्ड 60 करोड़ टन हाइड्रोजन का हीलियम में रूपांतरण से प्राप्त होती है। यह प्रक्रिया अरबों वर्षों तक सूर्य में नियमित रह सकती है। ये नाभिकीय अभिक्रियाएँ ऊष्मानाभिकी अभिक्रियाएँ कहलाती हैं। तारों की इन अभिक्रियाओं को समझने के लिए सबसे अधिक अध्ययन सूर्य पर ही हुआ है। गणना करने पर यह पाया गया कि धारम्भ में सूर्य में 73% हाइड्रोजन और 24.50% हीलियम आदि थे। यह मान एक विशिष्ट मॉडल मानने पर आते हैं। इस मॉडल से हम यह भी जान प्राप्त करते हैं कि केन्द्र की ओर बढ़ने पर सूर्य के तापमान में वृद्धि होती है। केन्द्र पर तापमान 15 करोड़ डिग्री होगा। अधिकतम घनत्व केन्द्र में ही है जिसका मान 100 ग्राम/सेमी³ है। अब तक सूर्य के केन्द्र में हाइड्रोजन की मात्रा केवल 38% ही घटी है। इन गणनाओं से सूर्य की वायु 4.6×10^9 वर्ष प्राप्त होती है।

एक जिज्ञासा स्वभाविक है कि द्रव्यमान का भान कम से कम कितना होना चाहिए जबकि कोई वस्तु तारा बन जाय। गणना से हमें वह भान कम से कम सूर्य का 8% द्रव्यमान प्राप्त होता है। अर्थात् यदि कोई वस्तु जिनका द्रव्यमान सूर्य के 8% द्रव्यमान से कम होगा वह कभी तारा नहीं बन सकेगी। ऐसी वस्तु में ऊष्मा नाभिकी प्रक्रिया स्वतः ही निरंतर नहीं रह सकती है जो कि सूर्य होने की या तारा होने की आवश्यक माय है।

क्या तारे स्थिर, स्थाई और अपरिवर्ती हैं ? किसी व्यक्ति द्वारा अपने जीवन काल में एक तारे में कोई परिवर्तन देख पाना अमभव सा ही है । अवश्य ही तारों में ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए सामग्री सीमित है । भारी से भारी तारे दीप्त भी अधिक हैं और फलतः वे अपनी ऊर्जा का ह्रास भी तेजी से कर रहे हैं । आकाशगंगा में करीब दस हजार युवा तारे हैं । ऐसा अनुमान लगाया जाता है कि हमारी मदाकिनी में 500 से 1000 साल में कहीं न कहीं एक नया तारा पदा होता है । अब यदि प्रति दीप्त तारे की सख्या वही मानी जाय तो कहीं न कहीं एक तारा बुझना चाहिए । तभी तो वही तारा पदा होगा और कुल सख्या वही बनी रहेगी । ऐसा ही होता है और तारों का बनना मिटना एक सतत प्रक्रिया है ।

तारों का गठन

अधिकांश तारों की रचना वृहद आण्विक बादलों के मध्य होती है । तारों की ऐसी ही एक पौवशाला ऑरियोन क्षेत्र (Orion) है । ऑरियोन तारामण्डल के मध्य में चमकीला गस और धूल का बादल दूरबीन द्वारा देखा जा सकता है । इसके पास ही एक और वृहद आण्विक बादल है जो भवरक्त क्षेत्र और मिलिमीटर रेडियो तरंग क्षेत्र में है । उपयुक्त कारणों द्वारा इसके भीतर हो रहा विकास भी देखा जा सकता है । इस आण्विक गस का द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान से दो लाख गुना है । तापमान वहाँ 100 K से कम ही है । वहाँ आण्विक स्वरूप में हाइड्रोजन की अधिकता है परन्तु CO CN और NH₃ भी विद्यमान हैं । एक बार एक वृहद तारा बन गया तो अपने सगठन के बाद वह बहुत घनी मात्रा में पराबैंगनी विकिरण उत्सर्जित करता है । यह विकिरण चारों ओर की गैस को गम करता है । गम होने से गैस में आयतन प्रसार होता है । गम गैस तब ठण्डे बादलों में विस्फोट करती है इस भाँति और आण्विक गस गर्म होती है । पदार्थ गम होता है और संकुचन आरम्भ होता है कि घनत्व बढ़ जाय । वस्तुतः एक तारे का विकास कम दाब और गुरुत्वीय आकर्षण बला पर निर्भर है । एक बार गुरुत्वाकर्षण बल संकुचन पदा करता है दूसरी ओर गसीय दाब फलाव । इन दोनों के संतुलन पर स्थायित्व आता है ।

एक बार जैसे ही अपने ढर्रे की स्थिति में तारा पहुँच गया वह अपनी ऊर्जा तापनाभिरीय अभिक्रिया से उत्पन्न करता है । फिर यह क्रम नियत रूप से चलना रहता है । इस अभिक्रिया से के ड्र की हाइड्रोजन मेंशन-शन कमी आती है और इस कारण हीलियम की वृद्धि होती है । इस भाँति कासातर में क्रोड में अभिक्रिया हल्की होती जायेगी । जब केन्द्र में हाइड्रोजन की मात्रा समाप्त हो जायगी क्रोड भारी हीलियम का हो जायेगा । इस समय तारे के केन्द्र में गुरुत्वीय संकुचन होता है । बाहर की ओर हाइड्रोजन सलमन सतत रहता है । गुरुत्वीय संकुचन से स्थितिज ऊर्जा

घाती है और बाह्य भाग में और अधिक फैलाव जारी रहता है। बाहरी भाग के फैले से वह ताप गिरता है और इस तरह ठंडा पड़ जाना ही सार का तारा होना है। विरुद्ध रूप के ढलने सोनान में बहुत सारे तारे एक अस्थायी रूप से गुजरते हैं। वे स्पष्ट परिवर्ती तारे (Pulsating variable star) बन जाते हैं। इस स्थिति का तारा पूरे सतुलन में नहीं होता वह कर्मानुमा सा हो जाता है। जब तारे में सकुचन होता है तब उसका भीतरी दाब बढ़ता जाता है फिर एक स्थिति आने पर वह तारा बाहर की ओर फूलना शुरू होता है। इस भाँति यह क्रम जारी रहता है।

तारों की वृद्धावस्था

तारों की चौंध का बढ़ जाना यही प्रदर्शन करता है कि नाभिकीय ईंधन की खपत में वृद्धि हो रही है, यह होता भी तब है जब कि इधर तारे में ईंधन की मात्रा में लगातार गिरावट आती जा रही है। जब केन्द्र की हाइड्रोजन समाप्त हो जाती है और उत्पन्न गर्मी इतनी नहीं रहती कि बाहर की हाइड्रोजन तापनाभिकीय अभिक्रिया जारी रने तो हीलियम का सलयन प्रारंभ होता है। उसके बाद अग्य भारी तत्वों का सलयन होगा। वस्तुतः इस तरह उत्पन्न ऊर्जा मात्रा हाइड्रोजन सलयन से प्राप्त ऊर्जा के मान से बहुत कम है। इस भाँति आगे पीछे तारों की संप्रहीत नाभिकीय ऊर्जा चुक जाती है। इस स्थिति में तारा ढह सकता है। ढहने से एक गुरुत्वीय ऊर्जा के निष्कासन से वह और सिकुडता है। इस भाँति वह अति घनत्व मान की स्थिति में पहुँचता है। अति घनत्व की स्थिति में तीन सम्भावनाएँ व्यक्त होती हैं श्वेत बौने (White dwarf) न्यूट्रॉन तारे (Neutron star) कृष्ण विविर अथवा श्याम गुह्वर (Black holes)। इन तीन सम्भावनाओं में से कौनसी किसी तारे पर लागू होगी यह उसके ढहन के समय के द्रव्यमान पर निर्भर करता है। इन सम्भावनाओं की ओर अग्रसर हो रहे तारे के द्रव्यमान में हानि होती है। द्रव्यमान में हानि से या तो हल्की पवन उत्पन्न हो जाय अथवा वह विस्फोटक रूप धारण कर ले। विस्फोटक रूप अक्सर पाया जाता है। जहाँ कि तारा पूरी तरह ही बिखर सकता है। इस आनाशोय विस्फोट को नोवा (Nova) और सुपर नोवा कहते हैं।

सु चन्द्रशेखर का सिद्धांत

अधिकांश तारों के विकास का अंतिम सोपान श्वेत बौना होना है। हम अभी ऊपर चर्चा कर चुके हैं कि जब नाभिकीय ईंधन चुक जाता है तब तारा बाह्य परतों के दाब के कारण सिकुडता है। यह सिकुडन तब जाकर रुकती है जबकि आंतरिक दाब का मान इतना हो जाय कि वह अपने भार को सतुलित कर सके। जब तारे का घनत्व बहुत हो जायेगा तब यह सतुलन स्थापित होगा। वस्तुतः श्वेत बौने का घनत्व बहुत अधिक है। एक परमाणु में बहुत खाली स्थान है। इसके इलेक्ट्रॉन

अलग कर दिये जाय और आयनीत अणु अलग तो पृथक्तया ये बहुत बहुत कम आयतन में समीप रह सकते हैं। यह अति अधिक घनत्व की गस होगी। इसे डिजेनरेट गस कहते हैं। इस डिजेनरेट गस से श्वेत बौना बना होता है। अनुमान के लिए एक श्वेत बौना जिसका द्रव्यमान सूर्य जितना हो उसका आकार पृथ्वी जितना ही रह जायेगा। मगर श्वेत बौने के द्रव्यमान पर एक विशिष्ट प्रतिबंध है। एक श्वेत बौना जिसका द्रव्यमान सौर द्रव्यमान का 1.4 गुना है की श्रिज्या सकुचित हो शून्य हो जायगी। अर्थात् किसी भी श्वेत बौने का द्रव्यमान 1.4 सूर्य के द्रव्यमान से अधिक नहीं हो सकता है। यह प्रसिद्ध सिद्धांत भारतीय मूल के वैज्ञानिक सुब्रह्मण्यम चंद्रशेखर ने दिया था। श्वेत बौने के मुख्य घटक कार्बन और नाइट्रोजन हैं। श्वेत बौने के बाह्य परत से हाइड्रोजन का स्पेक्ट्रम प्राप्त होता है। इसमें जो कुछ भी ऊर्जा है वह परमाण्विक (आयनीत) नाभिकों की गति के कारण है। हमारे उपकरणों में श्वेत बौने के हस्ताक्षर इस प्रकार की गति से उत्पन्न प्रकाश के कारण है। धीरे धीरे इस ऊर्जा के समाप्त होने पर श्वेत बौना श्याम बौने में परिवर्तित हो जाता है।

द्वि-तारा समूह में एक तारा श्वेत बौना हो तो तारकीय विखण्डन हो सकता है। इस विखण्डनको नोवा कहते हैं। नोवा से अर्थ है नया। नोवा वह तारा है जिसमें यथायक ही आकाश में प्रकाश की झड़ी लगा दी। नावा कुछ समय तक टिमटिमाता है और शन शन इसकी चमक समाप्त होती जाती है। ऐसा अनुमान है कि हमारी मदाकिनी में एक वर्ष में 30 से 40 नोवा प्रकट होने चाहिये। द्वि-तारा समूह में एक श्वेत बौना है और दूसरा लाल भीमकाय तब इनमें द्रव्यमान विनिमय होता है। कालांतर में द्रव्यमान विनिमय एक सीमा तक पहुँचने पर श्वेत बौने पर नाभिकी बम सा विस्फोट होता है। यही चौध नोवा होती है जिसे हम देखते हैं।

भारी भरकम तारे

हमने देखा कि वे तारे जिनका द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान से 6 गुना तक होगा वे अंत में श्वेत बौने होंगे मगर जिनका युवावस्था में द्रव्यमान सूर्य द्रव्यमान से सौ गुना है उनका हृथ ? वस्तुतः इन तारा को भी अपनी बृद्धावस्था में लगभग उसी क्रम से गुजरना होता है जैसा कि हल्के तारों को। केन्द्र की हाइड्रोजन समाप्त होने पर क्रोड सकुचित होता है और सकुचन से स्थितिज ऊर्जा निबध होती है। इस ऊर्जा से गर्मी उत्पन्न होती है सलयन क्रियाओं में कार्बन और नाइट्रोजन का संगठन होता है। कार्बन और नाइट्रोजन क्रोड भी सकुचित होने लगता है तो कार्बन ज्वलन शील हो उठती है। नियाँ नाइट्रोजन अंततः सिलिकन बनने लगते हैं। सिलिकॉन क्रोड सकुचित होने पर उच्च ताप होता है।

न्यूट्रान तारा

तब सिलिकॉन सलयन कर लौह बनाते हैं। शन शन वह स्थिति पहुँच जाती है जबकि तारे की घावृति प्याज की सी हो जाती है। केन्द्र में लौहा फिर क्रम से

हल्के तत्व। इस स्थिति के उपरांत भी यदि स्रोह क्रोड सकुचित हो रहा है तो अंततः स्रोह क्रोड विषट्टित हो जाता है। नाभिकीय क्रियाएं भारम होती हैं तब इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन मिलकर 'यूट्रान' और 'यूट्रिनो' की रचना करते हैं। 'यूट्रिनो' गुरुत्वीय



ऊर्जा के सवाहक हैं जो प्रवाण के वेग से दौड़ते हैं और यह ऊर्जा अपने साथ ले जाते हैं। वे तब जब में मात्र 'यूट्रान' रह जाते हैं तब स्रोह का ढहना ठहर जाता है। यही वह स्थिति है जबकि स्रोह 'यूट्रान' तारा बनता है। क्रिया तो दस किलोमीटर मगर द्रव्यमान सूर्य से भी अधिक होने के कारण 'यूट्रान' तारे का घनत्व परमाणु के नाभिक के घनत्व जितना होता है। ठूमरे शब्दों में यह कहें कि स्रोह स्वयं एक 'यूट्रान' नाभिक में बदल जाता है। हमने अभी देखा कि स्रोह के ढहने की क्रिया रुकने से ही 'यूट्रान' तारा रूप आता है। ढहना वस्तुतः यकायक ही रुकता है। यकायक ढहना रुकने से तरफे उत्पन्न होती हैं। ये तरफे बाहर की ओर बढ़ती हैं। ये तरफे बाहरी सतह पर विस्फोट पदा करती हैं इसे सुपर नोवा कहते हैं।

सुपरनोवा के बहुत सारे प्रकार हैं। सन् 1987 में हमारी साथी मदाग्निनी एल एम सी में एक सुपरनोवा प्रेक्षित किया गया। विस्फोट से पूर्व तारे से प्रकाश के ज्ञान द्वारा ही सुपरनोवा का प्रकार निर्धारित किया जाता है। उदाहरणार्थ एक विशेष प्रकार का सुपर नोवा बहुत ही बड़ा लाल तारा हो जाता है जिसका स्रोह

पूरणतया लौह होता है। 1987 के विस्फोट से 'यूट्रिनो कण' की प्रायोगिक पुष्टि हुई। यह पुष्टि एक विनिष्ट उपलब्धि गिनी जाती है। जब सुपर नोवा टूटता है तो इसके टुकड़े बिखरते हैं और एक्स किरणें उत्पन्न होती हैं। सुपर नोवा विस्फोट के कारण बिखरे टुकड़ों में से एक त्रेव नेबुला (Crab nebula) है। यह वृष (Taurus) में उपस्थित है।

पल्सार

केम्ब्रिज विश्वविद्यालय के एक विद्यार्थी ने सन् 1967 में एक ऐसे आकाशीय स्रोत का पता लगाया जो कि तेजी से पर्याप्त शक्ति के रेडियो स्रोतों के स्पंद प्रेषित कर रहा था। यह स्रोत अब भी यही कार्य कर रहा है। प्रत्येक 1.34 सेकण्ड के बाद कि स्पंद हम तक आता है। उस अजूबे अनुभव पर तब कुछेक ने तो यह कयास लगाया कि कहीं अग्रसर से, जहाँ जीवन है द्वारा हम सकेत भेजे जा रहे हैं। शीघ्र ही भिन्न दिशाओं में ऐसे तीन स्रोतों का पता लग गया। अब तो हमें ऐसे सफ़ा स्रोतों का पता है और इन्हें पल्सार (Pulsar) कहते हैं। वे पलसेटिंग रेडियो स्रोत हैं। एक पल्सार तो ऊपर वर्णित त्रेव नेबुला के केन्द्र में ही है। आवश्यक नहीं कि पल्सार रेडियो स्पंद ही उत्पन्न करता है। कुछेक से तो नियत अंतराल पर एक्स किरण स्पंद प्राप्त होते हैं। पल्सार वस्तुतः चक्रणशील 'यूट्रान तारे' हैं। यूट्रान तारे व्यासतः 10 किमी होते हैं और इतने छोटे होने से प्रत्यक्ष रूप से प्रेक्षणशील नहीं हैं। हम यूट्रान तारे की उपस्थिति एक्स किरण स्पंदन अथवा रेडियोतरंग स्पंदन द्वारा ही समझते हैं। ऐसे तारे की चक्रण दर बहुत अधिक होती है। मान लें कि कोई तारा बह कर यूट्रान तारा बना तो उसका चुम्बकीय क्षेत्र भी जो तारे का था वही रहेगा। अर्थात् प्रत्येक यूट्रान तारे का चुम्बकीय क्षेत्र होगा। इसकी सतह पर प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन चुम्बकीय क्षेत्र से प्रभावित होने के कारण लगभग प्रकाश के वेग से त्वरित होंगे। ऊर्जा लिये ये कण विकिरण उत्सर्जन करते हैं। हम पहले सिंक्रोटॉन विकिरण की चर्चा कर चुके हैं। ये इस तरह उत्पन्न सिंक्रोटॉन विकिरण हैं जो कि तारे की उपस्थिति बताते हैं।

उपयुक्त को संक्षेप में दोहराए तो हम कहते हैं कि अधिवाश तारे अंत में श्वेत धीने बन जाते हैं। कुछ सुपर नोवा प्रक्रिया से गुजर कर 'यूट्रान तारे' हो जाते हैं। श्वेत धीनों का द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान के 1.4 से कम होना चाहिए। यूट्रान तारे का द्रव्यमान 3 सौर द्रव्यमान से अधिक नहीं होना चाहिए। अब यदि इनसे भी अधिक द्रव्यमान का तारा हो तो? अर्थात् भारी तारे की नाभिकीय ऊर्जा समाप्त होने के बाद वह दह जाये तब क्या होगा! हम ऐसे तारों के लिए कहते हैं कि वे कृष्ण बिबि (Black holes) बन जाते हैं।

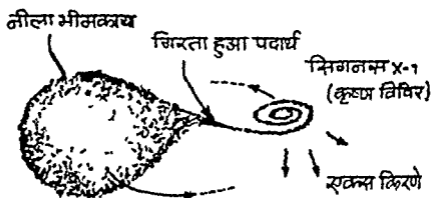
कृष्ण विविर

सापेक्षता सिद्धान्त से एक निष्कर्ष यह भी आता है कि यदि वस्तु बहुत अधिक भारी हो तो वह अपनी ओर आ रहे प्रकाश को सीधी रेखा से विचलित करेगी। यदि प्रकाश सूर्य को सस्पर्श करता आपाती हो तो वह 1.75 आर्क सेकण्ड से विचलित हो जायेगा। किसी श्वेत बौने से वह एक आक मिनट विचलित होगा। न्यूट्रॉन तारे से सस्पर्श करता प्रकाश 30° विचलित होगा। अर्थात् इनसे भी अधिक ठोस पिण्ड हो तो प्रकाश और भी अधिक मुड़ जायेगा। सन् 1796 मे ही सिमॉन और लाप्लास नाम के वैज्ञानिको ने सिद्धांत रूप से ऐसे पिण्डों की घोषणा की थी। उनका गुह्रत्वाकपण बल इतना अधिक हो तो उनके प्रभाव क्षेत्र मे पहुँचा प्रकाश फिर बाहर न आ सकेगा। अधिक स्पष्टता से कहें तो प्रकाश इतना भुक्त जायेगा कि वह उस पिण्ड से ही जुड़ जायेगा। लाप्लास ने ऐसे पिण्ड को 'कृष्ण पिण्ड' कहा था। 'कृष्ण विविर' ऐसे ही पिण्ड हैं जो कि वर्तमान नये सिद्धान्त की देन हैं। नवीन सिद्धांत के अनुसार यह यह स्थिति है जब कि किसी तारे वा सकुचन इतना अधिक हो जाय कि उसका पलायन वेग प्रकाश का वेग हो जाय। ऐसी स्थिति मे सारी ही वस्तुएँ उसी मे फँसी रहेगी और कुछ भी बाहर नहीं आ सकेगा। किसी पिण्ड का पलायन वेग वह मान है जिससे यदि कोई वस्तु पिण्ड से प्रक्षेपित की जाय तो वह वापस पिण्ड की ओर लौटकर नहीं आयेगी अर्थात् अनंत के चली जायेगी। प्रकाश का वेग चरम वेग है अतः यही मान यदि पिण्ड का पलायन वेग हो गया तो उससे (पिण्ड से) वस्तु के बाहर निकल कर आने की कोई सम्भावना नहीं है। अर्थात् कृष्ण विविर के बारे मे कोई भी जानकारी नहीं प्राप्त की जा सकती है क्योंकि वहाँ से लौटकर या टकराकर तो कोई संकेत नहीं आता है। पारिभाषिक तौर पर इस विविर के बाहरी घरातल को घटना क्षैतिज कहते हैं।

गणनाओं द्वारा हम यह जानते हैं कि पदार्थ का कोई भी स्वरूप जिसका सम्मिलित द्रव्यमान 3 सौर द्रव्यमान से अधिक है वह अपने भार को समेटे नहीं रख सकता। यह ठह कर कृष्ण विविर हो जायेगा। उदाहरणार्थ यदि पृथ्वी को इतना सकुचित किया जाय कि वह एक सेन्टीमीटर त्रिज्या की वस्तु रह जाय तो वह कृष्ण विविर होगी।

प्रश्न यह उठता है कि ऐसी वस्तु की उपस्थिति कैसे प्रेक्षित की जाय ? इससे लौटकर कोई संकेत नहीं आता है अतः सिद्धांततः इसे देखा नहीं जा सकता है। दूसरे तारे पर इसका गुह्रत्वीय प्रभाव, यह एक विधि है जिसके द्वारा इसका समूना किया जा सकता है। इस हेतु एक द्वितारे समूह को चुनें। हम जानते हैं कि द्वितारा समूह में द्रव्यमान विनिमय होता है। हमने देखा कि यह सास तारा अपने साथी छोटे तारे के गुह्रत्वाकपण बल का साम उठता है। अब हम मानें कि ऐसे ही एक

द्वितारा स्थिति में एक तारा तो कृष्ण विविर हो चुका है और दूसरा इतना बड़ा है कि उसका बाहरी भाग कृष्ण विविर के आकर्षण क्षेत्र में है। इस बड़े तारे और



कृष्ण विविर के परस्पर घुंघुन से साथी तारे का पदार्थ सीधे कृष्ण विविर में आकर न गिरने की अपेक्षा सर्पिला घुंघुन करता है। पदार्थ कृष्ण विविर के घाम घाने पर इतना तेजी से घूमता है कि उसमें आंतरिक घर्षण पैदा होता है। इस भांति वह खूब गर्म हो जाता है कि एक्स किरणें उत्पादित कर सके। सिगनास एक्स एक से जो एक्स किरणें हमें प्राप्त होती हैं उससे यही पता चलता है कि वहाँ एक साथी तारा होना चाहिए जिसका द्रव्यमान दस सूर्य द्रव्यमान हो। परंतु वह दिखलाई नहीं दे रहा है। यह साथी एक कृष्ण विविर ही होना चाहिए।

कृष्ण विविर की कुछ विशेषताओं को अब हम लेते हैं। कृष्ण विविर पर पहुँचते-पहुँचते समय सुस्त पड़ जाता है। पदार्थ जो कि कृष्ण विविर में गिरता है वह बाह्य प्रेसक को ऐसा लगेगा जैसे कि ठहर गया हो अब तो अनंत काल ही लगेगा जबकि वह कृष्ण विविर में भाहृत होगा। इस कारण से कृष्ण विविर एक तरह से ठहरा ठण्डा तारा कहलाता है। एक सिद्धांत से यह भी निष्पन्न आता है कि कृष्ण विविर में प्रवेश पाते ही सब एक दिशा हो जाता है अर्थात् आयात के दो मान लुप्त हो जाते हैं। ऐसे में आयतन शून्य होकर घनत्व अनंत हो जायेगा। अब तक हमने जाना है कि कुछ सीमा द्रव्यमान से अधिक द्रव्यमान के बढ़ने पर कृष्ण विविर उत्पन्न होता है। मगर छोटे आकार के कृष्ण विविर भी हो सकते हैं। कस ? समझ आता है कि ब्रह्माण्ड के आरम्भ पर जबकि बृहद् विस्फोट हुआ उस काल में वे बने हों।

कृष्णविविर से सबधित कई कपोल बचाए लिखी गई हैं। यह है ही भास्कर्य-जनक दत्त जो सब कुछ हूटप जाता है और अपना कोई अतापता नहीं रखता। मगर प्रश्न है कृष्ण विविर का भी कोई अत ? सिद्धान्त इसका उत्तर सकारात्मक देते हैं कि कृष्ण विविर से पदार्थ का सृजन हो सकता है और एक दिन वह भी फूट कर टुकड़े टुकड़े हो सकता है। इस बात को समझें उसके पूव हम कुछ भौतिक शास्त्रीय परिणामों को दोहराना चाहेंगे। प्रकृति में पदार्थ का प्रति पदार्थ है। इलेक्ट्रॉन अणुविद्युत बण है इसका प्रतिकण पोजिट्रॉन है (न कि प्रोटॉन) जो बिल्कुल इलेक्ट्रॉन की तरह ही है केवल अंतर है कि यह धनाविद्युत है। कण और प्रतिकण जब संयोजित होते हैं तो उनका लोप होता है और ऊर्जा प्रकट होती है। विपरीत्य, ऊर्जा से कण और प्रतिकण युग्म भी प्राप्त किया जा सकता है। यह सदैव युग्म में ही होता है। अर्थात् शून्य से कुछ भी नहीं उत्पादित किया जा सकता है। ऊर्जा चाहिए पदार्थ में रूपांतरण हेतु अथवा पदार्थ चाहिए ऊर्जा में रूपांतरण हेतु। मगर क्वाण्टम भौतिकी के एक सिद्धान्त से यह समझ है कि पदार्थ अथवा ऊर्जा को 'कुछ भी नहीं' से प्राप्त किया जा सकता है। सिद्धान्तत यह समावना बहुत ही छोटे समय-तराल के लिए सत्य है। यह समावना अनिश्चितता सिद्धान्त के कारण आती है। एक बार तो इससे हमारी चिरसम्मत धारणा को धक्का लगता है क्योंकि यह सरक्षण नियम का स्पष्ट उल्लंघन है। फिर भी ऐसी बात नहीं क्योंकि इस तरह जो भी पदार्थ बनता है वह सुरत ही लुप्त हो जाता है। औसत तौर पर द्रव्यमान और ऊर्जा कुल मिलाकर सदैव संरक्षित हैं।

वैज्ञानिक हॉकिंग ने एक कल्पना की कि मान लीजिये किसी क्षण उपरोक्त सिद्धांत से एक इलेक्ट्रॉन और पोजिट्रॉन कृष्ण विविर के मुहाने पर अस्तित्व में आयें। सब एक स्थिति ऐसी भी हो सकती है कि इनमें से कोई एक तो विविर में गिर गया। स्मरण रहे यह इससे पूव ही हो गया कि वह युग्म के अन्त्य से विनिष्ट हो सके। इस भांति युग्म बना ये बिना नष्ट हुए एक प्रतिकण दिक् तो में पलायन कर गया। यही बात बहुत भारी युग्मों पर लागू होती है। अतः कृष्ण विविर के पास बने इलेक्ट्रॉन पोजिट्रॉन जो कि पलायन कर गये वही संयोजित हो ऊर्जा में रूपांतरित होंगे। तो वस्तुतः 'चू कि एक प्रतिकण कृष्ण विविर निगल गया और दूसरा न निगल सका इसलिए कुछ भी नहीं' से ही तो ऊर्जा उत्पन्न हो गई। भौतिक रूप में यह ऊर्जा 'कुछ भी नहीं' से नहीं आ सकती है और एक मात्र समावना यही बनती है कि यह कृष्ण विविर से प्राप्त होती हो। यह एक तरह से कृष्ण विविर की ऊर्जा का लूटना है। ऊर्जा का लूटना और द्रव्यमान का लूटना आइंस्टाइन के द्रव्यमान ऊर्जा समतुल्य समीकरण से एक ही बात है। अर्थात् कालांतर में कृष्ण विविर का युग्म उत्पादन क्रियाओं द्वारा लोप हो जायेगा। यह सिद्धांत क्वाण्टम के धारण में बने

सूर्य

हम जानते हैं कि ग्रहों के अध्ययन में पृथ्वी की भूमिका महत्वपूर्ण है, ठीक ऐसी ही बात सूर्य पर भी लागू होती है जब कि हम तारों का अध्ययन करना चाहते हैं। तारे हम से बहुत दूर हैं और प्रकाश भी उनका मद है। उनके बारे में सीधे प्रेक्षण प्राप्त करने पर हमारी कुछ भौतिकीय सीमाएँ हैं। सौभाग्य से सूर्य जो कि एक सामान्य तारा ही है हमारे पास है। सूर्य के अध्ययन से ही हमने तारों के बारे में बहुत सारी जानकारीयाँ प्राप्त की हैं।

सूर्य प्रमुखतया हाइड्रोजन और हीलियम गैसों से बना हुआ है। ये गैसें सामान्य (उदासीन) अवस्था में नहीं हैं बल्कि प्लाज्मा अवस्था में हैं। सूर्य की ऊर्जा केंद्र में ही रहती नाभिकीय अभिक्रियाओं के कारण है। केंद्र में दाब और तापमान दोनों मान अत्युच्च हैं। सूर्य के जिस भाग का हम प्रायः अध्ययन करते हैं वह तो सूर्य का वातावरण है। सूर्य के केंद्र से बाहर तक ऊर्जा विकिरण प्रक्रिया द्वारा ही आती है।

सूर्य के कुछ महत्वपूर्ण आंकड़े

औसत दूरी	149 597,892 किलोमीटर
द्रव्यमान	$333\ 400 \times$ पृथ्वी का द्रव्यमान $1,99 \times 10^{30}$ किलोग्राम
फोटो स्फीयर व्यास (प्रकाश मण्डल)	109 गुना पृथ्वी का व्यास $1\ 39 \times 10^9$ मीटर
घनत्व	1.41 ग्राम/से मी ³
दीप्ति	$3\ 8 \times 10^{26}$ वाट

कुछ गुणों की दृष्टि से सूर्य को हम तीन भागों में विभाजित करते हैं प्रकाश-मण्डल या फोटोस्फीयर (Photosphere) क्रोमोस्फीयर (Chromosphere) या वर्ण-मण्डल और कोरोना (Corona) अथवा किराट।

प्रकाश मण्डल—सूर्य में टिकने की वही भी ठीस सतह नहीं है। गस है जिसका घनत्व अंदर से बाहर की घोर घटता जाता है। सूर्य में हम जो पारदर्शी नजर आता है वह उसका बाह्यतम भाग वातावरण है। फोटोस्फीयर या प्रकाश मण्डल वह भाग कहलाता है जिसके भीतर नहीं देखा जा सकता है। प्रकाशमण्डल से नीचे की गसें अपारदर्शी हैं। जो केंद्र से विकिरण उत्सर्जित होते हैं उन्हें ये गसें अवशोषित कर पुनः उत्सर्जित करती हैं। इस तरह उत्सर्जित हुए प्रकाश का बिखरे पण करने पर वहां का दाब घनत्व और तापमान के मान प्राप्त किये जाते हैं। फोटोस्फीयर समरूप नहीं है। वहां सूर्य धब्बे भी (Sun Spots) हैं।

सूर्य के वणक्रम में पृथ्वी पर पाये जाने वाले तत्वों में से साठ के लगभग पाये गये हैं। अथ तत्व भी हो सकते हैं जिनकी मात्रा बहुत ही कम होनी चाहिए। अधि वाश तत्व परमाण्विक अवस्था में हैं। परंतु लगभग अठारह तत्व अणु की अवस्था में हैं। सूर्य का 75% द्रव्यमान हाइड्रोजन है 23% हीलियम और शेष तत्व 2% ही हैं। जसा कि हमने जाना सूर्य का फोटोस्फीयर समतल नहीं है। यत्रो से देखने पर वह दानेदार दिखलाई देता है। ये दाने दरप्रसल गम गंसों के स्तम हैं जो कि केंद्र से बाहर की ओर वृहद् बुलबुलो की तरह उठते हैं।

वण मण्डल—गसों उपयुक्त फोटोस्फीयर को पार कर पारदर्शी क्षेत्र में पहुचती हैं। फोटोस्फीयर से लगता हुआ बाहर का क्षेत्र वणमण्डल या क्रोमोस्फीयर कहलाता है। क्रोमो का अर्थ रंगीन होता है अतः वस्तुतः यह रंगीन गोला है। ग्रहण के समय इसको देखा जाता है। उस समय फोटोस्फीयर तो अदृश से ढका होता है और वणमण्डल से प्रकाश आ रहा होता है इसलिए तब लिया गया फोटोग्राफ रंगीन होगा। क्रोमोस्फीयर 2 से 3 हजार किलोमीटर मोटाई का है। यहां से जैसे जैसे बाहर आते है गसों हल्की होती जाती हैं मगर तापमान में वृद्धि होती है।

किरीट—सूर्य का बाह्यतम भाग किरीट अथवा कोरोना कहलाता है। किरीट फोटोस्फीयर से साखी मीलो तक फला हुआ है। फोटोस्फीयर की शीघ्र के कारण कोरोना सामान्यतया नजर नहीं आता है मगर पूरा सूर्य ग्रहण पर इसे देखा जा सकता है। कोरोना में गस घनत्व तो कम है परंतु वह अत्यंत गम है। किरीट के आधार पर परमाणुओं की सख्या 10^9 परमाणु/सेमी³ है। तुलना के लिए हम जानें कि पृथ्वी पर वायुमण्डल के कारण यह मान 10^{19} परमाणु/सेमी³ है। कोरोना में तत्व पूणत आयनीत अवस्था में हैं अर्थात् वहां तापमान का मान अत्यधिक है।

प्रकाश के विपरीत कोरोना और क्रोमोस्फीयर में तापमान के ऊंचे माा हमें आश्चर्य में डालते हैं। देखा इसलिए क्योंकि फोटोस्फीयर जहां नाभिकीय प्रक्रियाएं हो रही हैं वहां का तापमान 6000 K है आखिरकार इसका क्या कारण

हो सकता है ? इसके लिए चुम्बकीय क्षेत्र उत्तरदायी है। वस्तुतः चुम्बकीय क्षेत्र



सूर्य किरीट

अपने मे ऊर्जा सप्रहीत कर बाहर के भाग को देता है जहाँ पर यह गतिज ऊर्जा आदि मे रूपान्तरित हो उच्च तापमान पैदा करती है।

सौर पवन

इस्वी सन् 1832 मे ही वैज्ञानिको ने प्रतिपादित किया था कि पृथ्वी पर अतृप्त की जाने वाली चुम्बकीय आधी सौर कलन (घबरे) सर्जन्यता के कारण है। सूर्य मे जब सौर घबरे या कलक विशेष तौर पर सक्रिय होते हैं तो पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र प्रभावित होता है दिक सूचक मुई मे हलचल नजर आने लगती है। अब तो हम जानते हैं कि रेडियो मे व्यग्रधान और वायुमण्डल मे नजर आने वाली दीप्ति इही सौर कलको के कारण है। प्रकाश सम्बन्धित परिवर्तन पृथ्वी पर हमे 8 मिनट बाद नजर आते हैं जबकि सौर पवन जिसमे प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन की कुछ मात्रा होती है उसमे उत्पन्न प्रभाव हम तक लगभग 400 किमी/सेकण्ड की गति से पहुंचता है। सौर-पवन मूलतः सूर्य किरीट का फंलाव है। सूर्य की सक्रियता मे हर 22 वष मे परिवर्तन पाया गया है। सूर्य कलकों मे विद्यमान गस ठण्डी है सम्भवतया 1000 से 1500K तापमान की। इन सूर्य कलको की आयु कुछ घण्टो से कुछ महीनो की पाई गई है। ये काफी बडे होते हैं और कुछेक तो पृथ्वी के व्यास से भी बडे होते हैं। पृथ्वी की आधी की भांति ये सूर्य की सतह पर आगे बढ़ते नजर आते हैं। इनकी

सह्या बढ़ने का भी एक काल है। 111 वर्ष के अंतराल के बाद सूर्य कलक सह्या में अधिक नजर आते हैं।

शुम्बकीय क्षेत्र की मात्रा में परिवर्तन के कारण ही सूर्य की सक्रियता है। सूर्य के वलकन की जाँच पर (जीमन प्रभाव को उपयोग में लेकर) हमें दो तरह के शुम्बकीय क्षेत्र का पता लगता है। एक तो सूर्य स्वयं के कारण और दूसरा सौर धब्बों के कारण। पिछला क्षेत्र मात्रा में अधिक मान का है। एक विलक्षण बात यह है कि सौर धब्बे जब जोड़े में नजर आते हैं तो यदि एक धब्बे की द्रुवणता दक्षिणी है तो दूसरे की द्रुवणता उत्तरी होती है। सौर धब्बों के एक चक्र में उत्तरी गोलार्ध के धब्बों की द्रुवणता दक्षिणी गोलार्ध के धब्बों की द्रुवणता के विपरीत होती है। यह द्रुवणता 111 वर्षों बाद बदलती है। इसलिए सौर सक्रियता चक्र ग्यारह वर्ष का न मानकर शुम्बकीय तौर पर 22 वर्ष लम्बाई का माना गया है। सौर सक्रियता और पृथ्वी पर तीव्र दीप्ति (aurora) में सम्बन्ध सुस्पष्ट है। सूर्य से भाये आवेशित कणों के पृथ्वी के शुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेश पाने के बाद वायुमण्डल से टकराने पर उत्तरी (और दक्षिणी) गोलार्ध की यह दीप्ति है। पेड़ प्रतिवय अपने तने में एक गाँठ या छल्ला बनाता है। इन छल्लों की परीक्षा से सौर सक्रियता का अध्ययन किया जाता है। वस्तुतः जब सूर्य में सक्रियता कम होती है तब पृथ्वी के वायुमण्डल में रेडियो सक्रिय कार्बन-14 की उत्पत्ति में भी कमी आती है। यह परिवर्तन पेड़ के छल्लों में मली भाँति पहचाना जा सकता है।

सूर्य का केन्द्र

सूर्य के केन्द्र की जानकारी दो तरह के प्रेक्षणों से प्राप्त होती है। एक तो केन्द्र से उत्सर्जित न्यूट्रिनों से दूसरी सूर्य की 'घड़कन' से। सूर्य भी एक परिवर्ती घड़कता तारा जसा ही है। यह घड़कनें बड़ी क्षीण तीव्रता की हैं। सूर्य की सतह में कापनिक गति भी पाई गई है। सूर्य की सतह पर ऐसे क्षेत्र हैं जिनके व्यास 5000 से 15000 किलोमीटर हैं। और उसका कम्पन काल 5 मिनट के घासपास है। ये सब ब्रह्में सूर्य के भीतर हो रहे परिवर्तनों की जानकारी देती हैं। इन्हीं के आधार पर क्रोड का दाब, तापमान घनत्व जाना गया है। यह अध्ययन सौर साइसमोलोजी (Solar Seismology) कहलाता है।

सूर्य पर मुख्य खर्चा पूरी करने से पूर्व हम सूर्य के विकासक्रम के बारे में कुछ और जानकारी प्राप्त करना चाहेंगे। सूर्य की वर्तमान अवस्था मुख्य धारा की अवस्था कहलाती है। इस मुख्य धारा में आने के लिए सूर्य की सकृचित हुए करोड़ों वर्ष लगे हैं। इस स्थिति में पहुँचकर सूर्य की खोँच में 30 से 50 प्रतिशत तक की वृद्धि हुई है। मगर इससे पृथ्वी के तापमान में विशेष अन्तर नहीं आया है। इसकी

प्रतिपूति पृथ्वी के वायुमंडल में घाये बदलाव के कारण से हुई है। मुख्य धारा के 4 से 5 अरब वर्षों में सूर्य की अपनी हाइड्रोजन का वह हिस्सा जो केन्द्र में था समाप्त हो गया। इसका अर्थ यह नहीं कि केन्द्र में अब हीलियम ही हिलियम है। लाल भीमकाय तारा बनने में सूर्य को कितना समय लगेगा यह निश्चित तौर पर नहीं कहा जा सकता। मगर यह सुज्ञात है कि अपनी मुख्य धारा का अधिकांश काल व्यतीत हो चुका है। अर्थात् सूर्य की बनावट में कोई विशेष बात तो 5 अरब वर्षों के बाद ही होगी।

सौरमण्डल का भविष्य

पाँच अरब वर्षों बाद सूर्य के विकास की दिशा लाल भीमकाय तारे की ओर होगी। उस स्थिति में सूर्य इतना विस्तार पा लेगा कि उसका फोटोस्फीयर मंगल की कक्षा तक पहुँच सकता है। निश्चय ही ऐसे समय में पृथ्वी का वाष्पीकरण हो जायेगा। गणना करने पर हम पाते हैं कि तब पृथ्वी सर्पिल गति करती हुई सूर्य के केन्द्र की ओर खिंची खली जायेगी। इस अतिदूर भविष्य में पृथ्वीवासी ने कहीं अन्यत्र बसेरा ढाल दिया तो वह पायेगा कि इस सदी के अधिकांश तारे बुढ़ापे के भारे सफेद बौने हो चले। हाँ नये तारे तब युवा हो जायेंगे। इस भाँति मदाकिनी अपना स्वरूप बनाये रखेगी।



सौरमण्डल के अन्य घटक

उल्कापिण्ड ठोस वस्तुएँ हैं जो अंतराकाश से पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करती हैं। वे बहुत वेग से पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करती हैं अतएव घपण द्वारा वाष्पित हो जाती हैं। इस चमचमाती वाष्प द्वारा उत्सर्जित प्रकाश एक चलायमान तारा दिखलाई देता है। यह कुछ सेकण्ड में ही बुझ जाता है। सामान्य भाषा में ऐसा होना प्रायः तारा टूट गया कहलाता है। अंधेरी रात्रि में आधा दर्जन से अधिक उल्कापिण्ड देखे जा सकते हैं। उल्कापिण्ड जहाँ नजर आता है वह स्थान लगभग एक सौ किलोमीटर की ऊँचाई पर होता है। जब ये अस्सी किलोमीटर की ऊँचाई पर पहुँच जाते हैं तो टुकड़े-टुकड़े हो जाते हैं। सामान्य उल्का पिण्ड मटर के दाने जितना पाया जाता है। अनुमान है कि पृथ्वी के वायुमंडल में उल्कापिण्डों के कारण जो सामग्री आ रही है वह एक सौ टन होगी।

उल्कापिण्ड

प्रायः आधी रात्रि बाद ही उल्कापिण्ड अधिक दिखलाई देते हैं। कुछ ऐसा समय भी होता है जबकि उल्का की फुहार नजर आती है। यह वस्तु अंतराकाशीय धूल है। तो यह धूल लगातार कहाँ से आती होगी? ऐसा अनुमान है कि इस अंतराकाशीय पदार्थ की प्रतिपूर्ति धूमकेतुओं द्वारा होती है। उल्का पिण्ड का घनत्व मान पानी के जितना होता है। यदि एक किलो ग्राम उल्कापिण्ड का ढेर कहीं रखें तो वह अपने भार से ही बिखर जायेगा।

प्रकृति द्वारा सजाये गये आदिम प्रतिदर्शों में एक उल्कापिण्ड (meteorite) जो कि सौरमंडल रचना के आरम्भिक और मौलिक साक्ष्य हैं। उन नीसवीं सदी से पूर्व उल्कापिण्डों का कोई वैज्ञानिक महत्त्व नहीं था और अघबिश्वासवश वे डरावनी वस्तुएँ थीं जो कि पृथ्वी पर आकाश के कोप का भविष्यकथन करती थीं। अब तो वस्तुतः उल्कापिण्ड प्रागतिहासिक काल के अत्यावश्यक रिकार्ड हैं। भौतिक गुणों की दृष्टि से उल्कापिण्डों को तीन मुख्य प्रकार में बाटा गया है—(1) वे जिनमें सौह-निकल की

मात्रा अधिक है (ii) वे जो कि पत्थर हैं जिनमें सिलिकेट की मात्रा अधिक है (iii) वे जो कि पहले दो तरह की पर्याप्त मात्रा में पृथ्वी के विविध उल्कापिण्ड संग्रहालयों में उपलब्ध नहीं हैं मगर इक्के-दुक्के अवश्य पाये जाते हैं पत्थर लौह अर्थात् दोनों का मिला-जुला रूप ।

नसर्गिक तौर पर पृथ्वी पर शुद्ध रूप में अर्थात् अनप्रॉक्सीकृत लौह उपलब्ध नहीं है । अतः यदि हमें वह पृथ्वी पर मिलता है तो उसके उपलब्ध होने के दो ही कारण हो सकते हैं । या तो वह मनुष्य द्वारा निर्मित हो अथवा वह इस पृथ्वी पर अग्रत्र से आया हो । लौह-निकल उल्कापिण्ड पृथ्वी पर बिस् में ही आये हैं । रेडियोएक्टिव विधि द्वारा ज्ञात करने पर (अर्थात् रेडियोएक्टिव समस्थानिकों से तुलना करने पर) इनकी आयु प्रायः 4.5 अरब वर्ष आती है । यह उन्नत सौरमण्डल की है । इन उल्कापिण्डों में वे प्रकार जो कि दाब और ताप के उच्च मानों से नहीं गुजरे आदिस्वरूप (primitive) कहलाते हैं दूसरे अवकलित (differentiated) हैं जिनमें भौतिक के साथ साथ रासायनिक रूपांतरण भी हुआ । अर्थात् अदिस्वरूप के एक और भी हैं कार्बोनेसियस (Carbonaceous) जिनमें कार्बन आदि पाया जाता है ।

सौरमण्डल के अध्ययन से प्राप्त जानकारीयों पर ध्यान दें तो हम इसके विभिन्न घटकों संबंधित तीन मुख्य बातें पाते हैं जिन्हें सुविधा की दृष्टि से प्रतिबंध नाम दिया गया है । (i) सारे ही पिण्ड सूर्य की परिक्रमा करते हैं । उनकी परिक्रमा की दिशा भी एक ही है । वे उसी तल में घूर्णन करते हैं जो कि स्वयं सूर्य का है । यह गति की प्रतिबंध कहलाता है । (ii) रासायनिक संरचना की दृष्टि से बृहस्पति और शनि में वे ही तत्त्व हैं जो कि तारों में अथवा सूर्य में हैं । अर्थात् इनमें भी हाइड्रोजन और हीलियम है । सौरमण्डल के अंदर के ग्रह सिलिकेट और धातुएँ हैं जबकि बाहरी हल्के पदार्थों के । यह रासायनिक प्रतिबंध है । (iii) पृथ्वी और चंद्रमा 4.5 अरब वर्ष के हैं । सैद्धांतिक गणनाओं से सूर्य की आयु भी यही बढती है । अर्थात् सूर्य और ग्रहादि साथ साथ ही बने । यह उन्नत प्रतिबंध कहलाता है ।

सौरमण्डल का इतिहास

समझा जाता है 4.5 अरब वर्षों पहले गम वाष्प के घूर्णन करते हुए बादल से सौर मण्डल का गठन हुआ । इस घारणा की सबसे प्रथम कल्पना जर्मन दार्शनिक इमानुअल काण्ट ने लगभग 2000 वर्ष पूर्व की थी । इसे सही वैज्ञानिक प्रारूप फ्रांसिसी खगोल शास्त्री लेप्लास ने दिया । यह निहारिका (या नेबूला) प्रारंभिक कल्पना कही जाती है । इसके अनुसार सौर निहारिका जैसे ही संकुचित हुई तो वहाँ तापमान

म गुरुत्वाकर्षण के कारण पर्याप्त बढ़ोत्तरी हुई। इस सङ्कुचित बादल की घूर्णन गति बढ़ती गई। यह बादल फिर तपस्वीनुमा हो गया। अन्त्य करती इस तपस्वी के



(1)



(2)



(4)



(3)

केन्द्र में शनै-शनै नाभिकीय अभिक्रियाएँ आरम्भ हुईं और इस भाँति सूर्य का जन्म हुआ।

जब सौर निहारिका में वांछित गुरुत्वीय ऊर्जा नहीं रहती कि वह धरे रह सके तो वहाँ ठण्डा होना आरम्भ होता है। नवनिर्मित सूर्य तो नाभिकीय अभिक्रियाओं द्वारा पोषित है मगर अयत्न ? निहारिका के ठण्डा पड़ते समय धर्मे रासायनिक अभिक्रियाएँ कर नया योगिक बनाती हैं। ये शनै शनै एकत्र होते हैं और द्रव बूँदें या ठोस कण बनाते हैं। पहला पदार्थ जिसने कण रूप लिया होगा वह धातु और अट्टानों की रचना के लिए आवश्यक सिलिकेट होगा। जहाँ तापमान कम होगा वहाँ ऑक्सीजन हाइड्रोजन के साथ समोजित हो कर बर्फ-पानी में घा गई। कार्बन और नाइट्रोजन ने हाइड्रोजन से संयोजन कर मीथेन और ऐमोनिया बनाई। इस भाँति क्रमगत रूपांतरण से हमें सौरमण्डल की आधारभूत रासायनिकी का पता चलता है।

यहाँ की रचना के बारे में रूसी वैज्ञानिक साफरोनोव का सिद्धान्त पर्याप्त रूप से प्राकृतिक है। उनके अनुसार ठोस कण जो कि सौर निहारिका में संचनीत होते गये वे बड़ी बड़ी प्राकृति बनाते गये। इस भाँति सारा ही ठोस पदार्थ

सधु पिण्डों में वितरित हो चला । कालांतर मे दो नजदीकी सधुपिण्ड गुरुत्वाकर्षण बल के कारण एक दूसरे के समीप आकर एकाकार हा गये । इस भांति आकार बृद्धि होती गई । मूलत आर केद्र तब बने ये जिनसे बुध शुक्र पृथ्वी और मंगल बने । फिर भी लगभग दजन भर आकार मे हमारे आद्रमा से बड, बिखरे ही रहे जो कि कालान्तर में समीप आते रहे ।

अब हम भीमकाय पिण्डों की रचना की और आते हैं । इन भीमकाय पिण्डों के सघटक पदार्थ तो वे ही थे जो कि सूर्य के रहे मगर इनका आकार सूर्य की अपेक्षा छोटा था । इनके केद्र मे वह दाब और ताप नहीं बन सका कि नाभिकीय अभिक्रिया आरम्भ हो जाय । ये कुछ वर्षों तक लाल रंग से प्रकाशित रह कर ठण्डे होते गये और इनका स्वयं का कोई ऊर्जा स्राव नहीं रहा । इन भीमकाय ग्रहों की ऐसी स्थिति में पहुचने के बाद सूर्य कुछ ऐसे श्रम से गुजरा कि तब बहुते सखी मात्रा मे सौर-पवन उत्पन्न हुई । इन वेगवती सपटों ने वायुमण्डल मे जो तप्त प्लाज्मा (आयनीत गस) विद्यमान था उसे दूर दूर तक बहा दिया । इससे सौरमण्डल के ग्रहा पर तो मामूली प्रभाव ही हुआ परंतु आंतराकाश मे स्वच्छता आ गई ।

सक्षेप मे आरम्भ की सौर निहारिक का अपघटन एक सितारे (सूर्य) कुछ पिण्डों के निर्माण मे और कुछ छोटी-छोटी पिण्डिकाओं के रूप मे हुआ । पिण्डों मे पदार्थ हैं चट्टान और धात्विय तत्व, कुछ गस और बर्फ । मगर विस्तृत अध्ययन पर हमे आतर स्पष्ट नजर आत हैं । इन बातों की आर्चा हम अ्य अध्यायो मे करेंगे ।

धुद्रिकाए

अब हम पुन अपने मूल विषय पर लौटते हैं । धुद्रिकाए और धूमकेतु सौर-मण्डल के उत्काओं के अतिरिक्त घटक हैं । एक तरह से यह सौरमण्डल का कचरा है फिर भी उपयोगी जानकारीया देता है । धुद्रिकाएँ (as ercids) वे छोटे छोटे पिण्ड हैं जो कि नियमित परिक्रमा करते हैं । धूमकेतु भी आकार मे तो छोटा ही होता है परंतु सखी पू छ रखता है । धुद्रिकाए ठोस पदार्थ चट्टानों से बनी है जबकि धूमकेतु मुख्यतया पानी-बर्फ और अन्य पदार्थ जो कि वाष्प रूप मे हैं से बना होता है । इन पदार्थों का मूल आदि है और कालांतर मे इनमे कोई विशेष भौतिकीय या रासायनिक परिवर्तन नहीं हुआ है । अधिकांश धुद्रिकाओं की कक्षा मंगल और बृहस्पति के मध्य है । अभी तक लगभग 4000 धुद्रिकाओं की कक्षा का पता लगाया जा चुका है । इनके नाम प्राय ग्रीक देवियों के नाम पर रखे गये हैं । यह अनुमान लेने के लिए कि इनकी आंतराकाश मात्रा कितनी अधिक है हम कुछ आकड़ों पर

करते हैं। एक लाख क्षुद्रिकाएँ तो वे हैं जिनका व्यास एक किलोमीटर से अधिक है। सबसे बड़ी क्षुद्रिका सिरिस का व्यास एक हजार किलोमीटर है। दो लगभग पाच सौ और तीस तो ऐसी हैं जिनका व्यास 200 किमी होगा। क्षुद्रिकाएँ सूर्य के चहुँ फेर पश्चिम से पूव की ओर अर्थात् उसी दिशा में परिक्रमा करती हैं जैसे कि ग्रह। नब्बे प्रतिशत क्षुद्रिकाएँ एक मुख्य पट्टी में हैं। इस पट्टी का प्रायतन काफी है। क्षुद्रिकाएँ विभिन्न रंगों की पाई गई हैं। अधिकतर इनमें काली हैं फिर भी बहुत सारी चमकीली हैं। क्षुद्रिकाएँ मुख्यतया सिलिकेट और कार्बन से बनी हैं।

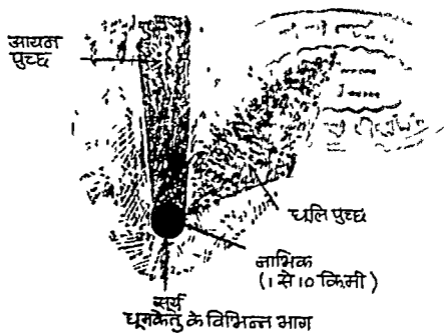
पदार्थ की दृष्टि से क्षुद्रिकाओं को तीन वर्गों में बाँटा गया है। सौ क्षुद्रिकाएँ वे हैं जिनमें कार्बन प्रमुखतया है। एस क्षुद्रिकाएँ वे हैं जिनमें सिलिकेट खनिज अधिकता में है एव एम-क्षुद्रिकाओं में धातु की अधिक मात्रा है। एक क्षुद्रिका जिसका नाम वेस्टा (Vesta) है उसे नग्न आँवों से भी देखा जा सकता है क्योंकि उसमें पर्याप्त चँव है। इसकी सतह बेसाल्ट चट्टान की है। अर्थात् उसके घरातल पर कभी कोई जालामुखी रहा होगा। पृथ्वी पर आने वाले उल्का पिण्डों के बारे में अनुमान है कि वे क्षुद्रिकाओं से आते होंगे। पृथ्वी पर प्राप्त कुछेक उल्काएँ क्षुद्रिका वेस्टा से आईं लगती हैं। इन्हें यूकराइट (Eucrite) नाम दिया गया है। मूल पट्टी से दूरी पर भी क्षुद्रिकाएँ हैं और कुछ उससे नजदीक भी टॉर्जान (Torjan) मुख्य पट्टी से पर्याप्त दूरी पर है। जबकि सबसे दूर स्थित क्षुद्रिका चिरान (Chiron) है।

इन क्षुद्रिकाओं में से कुछेक पृथ्वी के समीप आती हैं। हजारों वर्षों में कभी कभार कोई पृथ्वी से टकरा जाती है और तब बहुत बड़ा गडढा बन जाता है। प्रेक्षण से पता चलता है कि पृथ्वी की ओर आ रही क्षुद्रिकाओं की कक्षा अस्थिर है। अभी तक 50 के लगभग ऐसी क्षुद्रिकाएँ पहचान ली गई हैं जो हमारी धरती की ओर अग्रसर हैं।

धूमकेतु

ज्योतिष के अनुसार धूमकेतु (Comets) का दिवना अपशुक्ल माना गया है। इन्हें भी उपयोगी आकाशीय पिण्डों की गिनती से लेना तो हाल ही की बात है। एक धूमकेतु की आवृत्ति चमकदार बिन्दु और लम्बी पूछ की हाती है। धूमकेतु आकाश में अपना स्थान बदलते रहते हैं। वे अनुमानित समय पर प्रकट हो जाय ऐसा भी नहीं पाया गया है। मगर धूमकेतु सौरमण्डल की उत्पत्ति की जानकारी देने वाली वस्तुओं में से प्रमुख हैं। यूनान के मित्र एडमण्ड हैली ने धूमकेतुओं पर शोध कार्य किया था। एक धूमकेतु के बारे में उन्होंने धारणा की थी कि वह अमुक

वर्षों में फिर से प्रकट होगा वह नियमित रूप से उन वर्षों दिखलाई देता रहा है। यही हैली धूमकेतु 1985-86 में फिर से दिखता था। यह धूमकेतु 76 वर्षों बाद परती से दिखलाई देता है। हमें लगभग एक हजार धूमकेतुओं की जानकारी है। हैली की भांति ही एक अन्य धूमकेतु रियोलेट (Rigollet) है जो कि 151 वर्षों के अंतराल पर दिखलाई देता है। एन्के (Encke) नामक धूमकेतु के पुनः आने का काल तो 303 वर्ष है।



सरचना की दृष्टि से कोई भी दो धूमकेतु एक से नहीं होते हैं। धूमकेतु का मुख्य भाग नामिक है जो ठोस होता है वह प्रायः दिखलाई नहीं देता है। एक धूमकेतु का अग्रभाग सफ़ेदमण्डलीय वायुमण्डल होता है। सूर्य के प्रकाश से यही प्रकाशित होता है। चूंकि ये छोटे पिण्ड हैं इनके परमाणु वेग का मान बहुत कम है। अतएव जो वायुमण्डल हमें नजर आता है वह वहां से हटता रहता है। अतएव उसकी प्रतिपूर्ति हेतु अग्र भाग से वायुमण्डल वहां आना चाहिए। दरअसल वायुमण्डल का स्रोत धूमकेतु का शीय है। यह शीय या नामिक ही वह मूल स्थान है जहां कि आदिकालीन पदार्थ भरा है। नामिक में मुख्यतया पानी, बर्फ सिलिकेट के कण, धूल आदि हैं। इसे गंदी हिम गंद' कहा जाता है। पृथ्वी पर कोई भी अवशेष ऐसा नहीं है जो कि धूमकेतु से प्राप्त हो। हाल ही में एक अंतरिक्ष यान जिपस पर

धूमकेतु की धूलि दिखी थी उसके प्रेक्षण लिये गये हैं। इससे पता चला कि धूमकेतु का नाभिक काला पिण्ड है।

हैली धूमकेतु

हैली कमिट पर 1986 मे लिये गये प्रेक्षणो से कई रोचक जानकारीयां प्राप्त हुई हैं। इसकी आकृति 14 किलोमीटर से 8 किलोमीटर है। यद्यपि मापन तो समब नही है परंतु अनुमान किया जाता है कि इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का लगभग 10^{-10} गुना होगा। धूमकेतु के नाभिक से उत्सर्जित गस। किलोमीटर/सैकण्ड की गति से दूर जा रही है। यह बड़े घेरे म फलते है। सूर्य से उत्सर्जित पराबगनी किरणो से प्रतिक्रिया मे धूमकेतु क वायुमण्डल की गस के अणुओं का विघटन हाता है। ये बरणक्रम पदार्थ की जानकारी देते हैं। हैली म 80 प्रतिशत पानी कुछ मात्रा में कार्बन डाइ ऑक्साइड और दूसरी गसों पाई गई हैं।

पुच्छ

जब धूमकेतु सूर्य की ओर बढ़ता है पुच्छ नजर आती है। इसम धूमकेतु के वायुमण्डल की गसों हैं। पुच्छ सदैव सूर्य से दूर रहती है। इनसे लगता है कि पुच्छ पर कोई प्रतिकपण बल लग रहा है। पहला बल जो कि उत्तरदायी है वह है सौर पवन सौर का प्लाज्मा (आवेशित गस) धूमकेतु के प्लाज्मा से प्रतिक्रिया करता है। इस भाति धूमकेतु का प्लाज्मा 400 किमी/सैकण्ड की दर से दूर होता है। कुछ धूमकेतुओं की दुम तो 15 करोड मील तक फली हुई पाई गई है। कुछ धूमकेतुओं की दो दो पुच्छ भी देखी गई हैं। रचना की दृष्टि से ये एक दूसरे से भलग तरह की होती है। एक प्लाज्मा पुच्छ होती है जबकि दूसरी धूलि पुच्छ। प्लाज्मा दुम तो सीधी होती है मगर धूलि वाली मुठी हुई होती है।

धूमकेतु के बादल) के वैज्ञानिक भाकडे एकित करने हेतु दो रूसी अंतरिक्ष यान वेगा 1 और वेगा 2 माच 6 और 9 1986 मे भेजे गये थे। वे धूमकेतु के वायुमण्डल मे काफी दूरी तक चले गये थे। नाभिक से इनकी दूरी 800 किलोमीटर थी इन्होंने नाभिक के दो उमार प्रेक्षित किये। वहा से फुहार के रूप म कुछ बाहर आ रहा था। इन दोनो अंतरिक्ष यानो की धूलि और भ्रम पदार्थों से पर्याप्त मुबसात पहुंचा। इन खोजो से पता चला कि धूलि में सिलिकेट की तुलना म कार्बन और हाइड्रोकार्बन की अधिकता है।

धूमकेतु की उत्पत्ति

वसे तो धूमकेतु सौरमण्डल के सदस्य हैं पर तु उन पर किए गये अन्वेषण यह बतलाते हैं कि ये मूलत वही ब्रह्मत दूर से आये हैं। सन् 1950 मे एक डच वज्ञानिक ऊट ने धूमकेतू अवतरण का सिद्धांत दिया था। इसी सिद्धांत को अब भी मायता प्राप्त है।



U सूर्य ग्रह और धूमकेतु

सौर परिवार

हमारा सौरमण्डल मुख्य रूप से सूर्य और तुलनात्मक रूप से भ्रम छोटी वस्तुओं से बना हुआ है। प्रयोगों और प्रेक्षणों से हम इसी निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि ये सारी वस्तुएँ और सूर्य एक साथ ही अस्तित्व में आये। गम गैस और धूलिका का एक बादल था शुरू में जो ठण्डा होने पर फँसा और पदार्थों के समूह बनते गये। इस बृहद् गम बादल का केंद्र जहाँ था वही स्थान सूर्य का है।

सूर्य

सूर्य अपनी तरह का एक अनूठा तारा है। इसके रासायनिक घटक वे ही हैं जो पृथ्वी की रचना करते हैं अथवा भ्रम आकाशीय वस्तुओं के हैं। इसके केंद्र में जिसे क्रोड कहते हैं विभिन्न नाभिकीय अभिक्रियाएँ जारी हैं और वह तप्त है। सूर्य गैसीय अवस्था में है और ऊष्मा तथा प्रकाश का उत्सर्जन मूलतः केंद्र की अभिक्रियाओं के फलस्वरूप है। सूर्य का वह भाग जो कि दिखलाई देता है वह 1 392 000 किलोमीटर है। पृथ्वी के व्यास से 109 गुना इसका व्यास है। इसका आयतन तो पृथ्वी से दस लाख गुना से भी अधिक है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी से 330 000 गुना है। सूर्य की सतह से निरंतर सौर पवन उठती है जो कि इलेक्ट्रॉन और आवणित परमाणुओं की तीव्र प्रवाहमयी धाराएँ हैं।

ग्रह

ग्रहों में सबसे भारी भरकम तो बृहस्पति है। पृथ्वी को मिलाकर ग्रहों की संख्या नौ है। प्रत्येक बड़ा ग्रह अपना उपग्रह रखता है और कुछेक के तो बलम भी है। एक ही धरातल में यह ग्रह सूर्य की परिभ्रमा कर रहे हैं। अब प्रत्येक ग्रह अपने मूल के चारों ओर घूमन करता है। अधिकांश स्थितियों में ग्रहों के घूमन की दशा यही है जो कि सूर्य के चारों ओर परिभ्रमा की है। शुक्र एक अपवाद है। वह विपरीत दिशा में घूमन करता है। बुध, शुक्र, पृथ्वी और मंगल ये चार धरतः के ग्रह कहलाते हैं। प्रायः चंद्रमा को भी इनमें गिन लेते हैं अतः ये मिला कर पाँच कहलाते हैं। ये चंद्रमों से बने हुए हैं और इनमें सिलिकेट तथा चातुई पदार्थों की अधिकता है। बृहस्पति शनि यूरेनस वरुण और प्लूटो ये बाहरी पाँच हैं। इनमें से पहले चार तो

भीमकाय हैं जिनमें ठोस पदार्थ नहीं है। हल्के तत्व हाइड्रोजन और हीलियम की वहाँ बहुतायत है। केवल बुध और शुक्र के उपग्रह नहीं हैं। ज्ञात प्राकृतिक उपग्रहों की संख्या 56 है—शनि के 19, बृहस्पति के 16, यूरेनस के 15 वरुण के 2, मंगल के 2 और पृथ्वी तथा प्लूटो के एक-एक। उपग्रहों की संख्या और अधिक भी हो सकती है।

सारणी

सौरमण्डल में द्रव्यमान का विभाजन

वस्तु	द्रव्यमान
सूर्य	99 84
बृहस्पति	0 10
अन्य सारे ग्रह	0 04
धूमकेतु	0 01
उपग्रह और वलय	0 00005
क्षुद्र गह	0 000002
उल्काएँ और धूलि	0 0000001

बृहस्पति के उपग्रह गैनीमेडे (Ganymede) का व्यास तो लगभग उतना है जितना कि मंगल ग्रह स्वयं का। शनि के वलयों (छल्लों) पर विस्तार से प्रेक्षण लिए गये हैं। नेपचून के वलय का पता तो 1985 में ही लग पाया। धूमकेतु ठण्डी गस बर्फ और धूलि से बने हैं। ये अधिक उत्केंद्रियता (Eccentricity) से सूर्य की परिक्रमा करते हैं। इनके विपरीत क्षुद्रिकाएँ हैं जो कि षट्पानी हैं। इनसे छोटे उल्का-पिण्ड हैं जिनका व्यास कुछ मीटर तक हो सकता है। सबसे छोटे वरुण हैं अंतरग्रही गद या धूलि।

रसायन

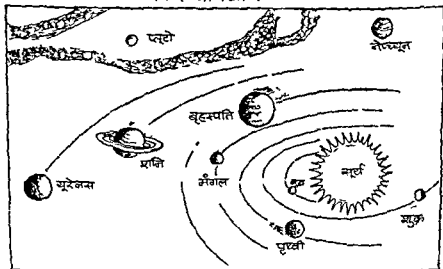
पृथ्वी पर प्राकृतिक तौर पर विद्यमान तत्व या उनमें बने हुए भौतिक कम अधिक मात्रा में प्रायः सारे ही पिण्डों पर पाये जाते हैं। मगर आधिवय के तौर पर हम तीन श्रेणियों में विभाजित कर सकते हैं। (i) लोह एवं निकल धातु जो कि क्रोड या केन्द्र का निर्माण करते हैं। (ii) चट्टानों जो कि सिलिकान आक्सीजन मैग्निशियम लौह सल्फर आदि तत्व और उनके भौतिकों से बनी है। (iii) बर्फ और जमी हुई गैसें। इनमें से कुछ पानी कार्बन डाइ आक्साइड ऐमोनिया और मिथेन हैं। चू कि ग्रहों एवं उपग्रहों पर हाइड्रोजन एवं आक्सीजन दोनों ही गसें हैं

घौर ये रासायनिक तौर पर सक्रिय तत्व है अत विभिन्न रासायनिक क्रियाओं के लिए इन गसों की मात्रा ही उत्तरदायी है। पृथ्वी के पलायन वेग के कारण हल्की गस हाइड्रोजन हमारी धरती के घरातल पर नहीं पाई जाती है। हमारे वायुमण्डल में आक्सीजन का वधस्व है अत हम आक्सीकारक (Oxidised) वातावरण में हैं। सारे ही पार्थिक ग्रहों के पदार्थ कम अधिक तौर पर आक्सीकृत ही हैं। केवल स्परण के लिए हम कहना चाहते हैं कि शुरू में पृथ्वी की वायुमण्डल से ही हाइड्रोजन (H) और आक्सीजन (O) मिलकर पानी (H_2O) बने होंगे। हाइड्रोजन अथवा तत्वों से संयोजित हो एमोनिया (नाइट्रोजन और हाइड्रोजन का यौगिक), हाइड्रोकार्बन (हाइड्रोजन कार्बन के यौगिक) आदि बनाती है।

पृथ्वी ग्रह

अथ ग्रहों की तरह पृथ्वी भी चट्टानों और धातुओं से बनी हुई है। पृथ्वी का घनत्व 5.5 ग्राम/सेमी³ है। भूकम्प तरंगों (Seismic waves) से पृथ्वी की आंतरिक बनावट के बारे में विस्तृत जानकारी मिलती है। भूकम्प जनित कंपनों में से कुछ पृथ्वी के तल के समानांतर तरंग चलती हैं और कुछ त्रिगुण्यी दिशा में पृथ्वी की सबसे ऊपर की परत पपटी (Crust) कहलाती है। समुद्रीय पपटी लगभग 5 किलोमीटर मोटी है जो कि ज्वालामुखी सिलिकेट शिलाएँ जिन्हें बेसाल्ट कहते हैं,

सौर परिवार



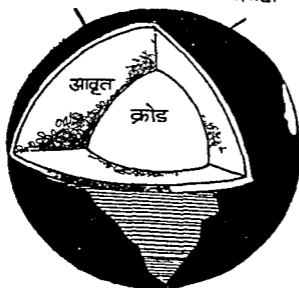
की है। पृथ्वी के 55 प्रतिशत घरातल को ये शिलाएँ घेरे हैं। महाद्वीपीय पपटी जो कि 45 प्रतिशत क्षेत्र की है ज्वालामुखी स्रोत की मजबूत चट्टान ग्रेनाइट से बनी है। इसकी मोटाई 20 से 70 किलोमीटर है। द्रव्यमान की तौर पर यह ऊपरी पपटी

0.3% ही मान की है। मुख्य खण्ड जिसे कि आवृत (Mantle) कहते हैं यह पपड़ी के आधार से 2900 किलोमीटर गहराई की ओर है। सामान्यतया यह क्षेत्र ठोस अवस्था में ही है फिर भी जितना दाब और ताप इस क्षेत्र में है इससे यहाँ की खट्टानें कहीं-कहीं विकृत हो सकती हैं और यदि पिघली हैं तो प्रवाहित भी होती हैं। भीतर की ओर घनत्व का मान 3.5 ग्राम/सेमी³ से 5 ग्राम/सेमी³ तक हो जाता है। आवृत के ऊपरी हिस्से में ही ज्वालामुखी उत्पन्न होते हैं। 2900 किमी की गहराई पर 600 किलोमीटर का क्रोड है। इसके ऊपरी हिस्से से विशेष भूकम्पीय तरंगें नहीं गुजरती भ्रत समावना है कि यह भाग द्रव अवस्था में ही भीतरी भाग ठोस है और अधिक घनत्व मान का है। यह मुख्यतः लौह धातु का है फिर भी क्राड में निकल सल्फर आदि की भी मात्राएँ पर्याप्त हैं।

पृथ्वी का क्रोड धातुई होने से यह स्पष्ट होता है कि प्रारम्भिक अवस्था में यह पिण्ड गम था और इसके सघटक पदार्थ द्रवावस्था में थे। जैसे जैसे उष्मा विकिरण होती गई तो भारी पदार्थ केन्द्र की ओर सघनीत होते गये जबकि हल्के पदार्थ

स्थलमण्डल

पपटी



पृथ्वी का भीतरी भाग

तरते रहे। इस माति ठण्डे होने के क्रम में विभिन्न तत्वों की रचना होती गई। पृथ्वी के केन्द्र के बारे में और जानकारी चुम्बकीय अध्ययनों से मिलती है। पृथ्वी का व्यवहार एक छड़ चुम्बक की तरह है। मगर पृथ्वी की धुरी (अक्ष) और चुम्बकीय

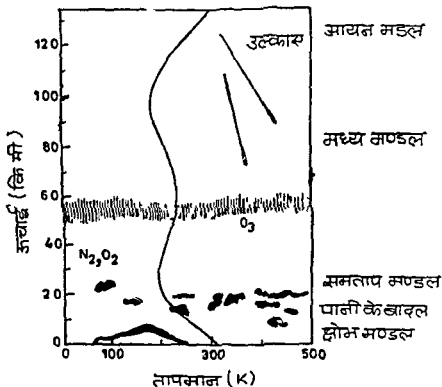
प्रकाश सपाती न होकर कोण बनाए हैं। पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का प्रभाव दिक में है इसी कारण से बाहर से आते इलेक्ट्रॉन प्रोटॉन को यह रोके रखता है। अमेरिकी उपग्रह एक्सप्लोररने 1958 में पृथ्वी के चारों ओर उपस्थित बंधन चुम्बकीय मंडल (Magnetosphere) का प्रेक्षण लिया था। भूमिशास्त्र के अनुसार ग्रह ग्रहों की अपेक्षा हमारी पृथ्वी अधिब सन्निय है। भूकम्प ज्वालामुखी ग्रह ग्रहों पर भी हैं मगर उनकी शक्ति उतनी नहीं है जा कि पृथ्वी पर मिलती है।

दक्षिणी अमेरिका का पूर्वोत्तर ओर अफ्रीका के पश्चिमी किनारे को गौर से देखने पर ऐसा लगता है कि ये कभी जुड़े हुए एक ही होंगे और कालांतर में अलग हो गये। यह विशेषता 1915 में जर्मन वैज्ञानिक वेगनर ने नोट की थी। आज का महाद्वीपीय अपसरण का सिद्धांत मूलतः इसी प्रेक्षण की पुष्टि करता है। इस सिद्धांत से यह समझा जाता है कि समुद्री पपटी और महाद्वीपीय पपटी चलायमान हैं। पपटी और ऊपरी आवरण एक दर्जन तश्तरियो (Plate) में विभक्त हैं और किसी वग पहली की तरह आपस में सटे जुड़े हैं। ये एक दूसरे से हट भी सकते हैं। यह चलायमान खण्ड स्थल मण्डल (Lithosphere) कहलाता है। इन प्लेटों की गति की गणना को हम 20 करोड़ वर्ष पीछे तक ले जाए तब ज्ञात होता है कि पृथ्वी के सारे महाद्वीप एक दूसरे से सटे हुए थे।

वायुमण्डल

गसे धूल के अणु समुद्र के पेंदे में हमारा निवास है। पृथ्वी के वायु मण्डल का भार 4×10^{18} किलो ग्राम है अर्थात् प्रतिवर्ग सेण्टीमीटर पर इस कारण 1003 किलोग्राम का बोझ है। ऊँचाई के साथ वायु पतली होती जाती है। निचले दस किलो मीटर में जहाँ कि वायु की मात्रा प्रबल है इसे क्षोभ मण्डल (Troposphere) कहते हैं। यहाँ पृथ्वी से गम होकर वायु ऊपर उठती है और ऊँचाई से ठण्डी वायु नीचे की ओर आती है। यही बादल बनते हैं और मौसम निर्माण की स्पली भी यही है। अस्सी किलोमीटर तक इससे ऊपर का खण्ड समताप मण्डल (Stratosphere) कहलाता है। इस ठण्डे क्षेत्र में बादल नहीं हैं। यहाँ मुख्यतया नाइट्रोजन (N_2) और ऑक्सीजन (O_2) है। समतापमण्डल के ऊपरी हिस्से में ओजोन (O_3) गस है। सूर्य से आ रहे जीव के लिए घातक पराबैंगनी विकिरणों का अवशोषण समतापमण्डल के इस ऊपरी भाग में हो जाता है। सो किलोमीटर से ऊपरी भाग में जहाँ कि गसे आयनीत हैं वह स्थान आयनमण्डल (Ionosphere) कहलाता है। यह वैद्युत् चालन क्षेत्र है। यहाँ से लवे तरंगधर्म की रेडियो तरंगें परावर्तित होकर लौटती हैं।

पृथ्वी के घरातल पर 78% ऑक्सीजन 21% नाइट्रोजन 1% आर्गन और वायु अवस्था मे पानी, कार्बन डाइऑक्साइड और कुछ गैसों की मामूली मात्रा है।



पृथ्वी के वायु मण्डल की संरचना

मिट्टी के बगल भी क्षीम मंडल में तरते रहते हैं। आगन एव नाइट्रोजन गैसों रासायनिक प्रतिक्रियाओं के लिए निष्क्रिय हैं। ऑक्सीजन जीवन और भय दहन वायों के लिए महत्त्वपूर्ण है। पृथ्वी का तापमान (औसत 300K) जीवन के उत्तरदायी है। मौसम वायु मण्डल के परिवर्तन से है। आवश्यक ऊर्जा सूर्य से प्राप्त होती है भूत सूर्य से प्राप्त ऊर्जा के वायुमण्डल के विभिन्न भागों में अवशोषण से ही मौसम है। दशाब्दियों या शताब्दियों में आये परिवर्तन से वायुमण्डल पर जो मिलानुला प्रभाव पड़ता है उसके कारण से ऋतु परिवर्तन आते हैं। इस समय हम ऊष्ण काल में हैं जो कि बहुत लम्बा काल नहीं है। उस काल के बाद हिमकाल (Ice age) आयेगा जबकि पृथ्वी की ध्रुवन भक्ष झुक जायेगी और ठण्डक बढ़ जायेगी।

जीवन

धरती पर जीवन की निरंतरता का रहस्य पृथ्वी के वातावरण में परिवर्तन के प्रति अनुकूलित होने की क्षमता है। वायुमण्डल आदि के परिवर्तनों के अनुरूप जीव ढलता गया। इसी कारण से उसका अस्तित्व बना हुआ है। दूसरी ओर जैविक पदार्थों के होने से पृथ्वी की नसर्गिकता में महत्वपूर्ण परिवर्तन आये हैं। जसा कि आज शुरु प्रयथा मंगल की परिस्थितियां हैं कुछ वैसे ही जीवन के उद्भव से पूर्व पृथ्वी की थी। यहाँ कार्बन डाइऑक्साइड और कार्बन मोनोऑक्साइड की बहुतायत थी। वायुमण्डल में ऑक्सीजन की मात्रा तो पौधा द्वारा विशेष क्रिया प्रकाश सप्लेपण (Photosynthesis) के होने से आई। जीवोत्पत्ति के लिए आवश्यक कार्बन यौगिकों के बनने में तो हाइड्रोजन अधिक्य का वातावरण चाहिए ताकि एमोनिया (NH₃) मीथेन (CH₄) बन सके। मीथेन एवं एमोनिया अधिक काल तक वायुमण्डल में युक्त रूप में नहीं रह सकते हैं। सूर्य में उपस्थित अधिक ऊर्जा की किरणों (पराबैंगनी) प्रणु को तोड़कर हाइड्रोजन भ्रमलग कर देंगी। हल्की हाइड्रोजन पृथ्वी के वायुमण्डल से पलायन कर जायेगी। इस भांति बहु भरसा जिसमें कार्बनिक पदार्थों की रचना हुई वह छोटा होगा। यह तो ऑक्सीजन की सूब उपलब्धि के बाद ही जीवन को समुचित रूप से विकसित होने के अवसर मिले। यह क्रिया लगभग 2 अरब वर्ष बाद की होनी चाहिए।

वायुमण्डल में उपस्थित कार्बनडाइऑक्साइड सूर्य की किरणों का अवशोषण करती है। यदि इसकी मात्रा में वृद्धि होती है तो पृथ्वी से विकिरण ऊष्मा धरातल के वायुमण्डल को पार नहीं कर सकती और पृथ्वी का तापमान बढ़ जायेगा। प्रति वर्ष 0.4% की दर से इसकी वृद्धि हो रही है। वस्तुतः इस शताब्दी में कार्बन डाइऑक्साइड (CO₂) की मात्रा 20% बढ़ गई है। जीव के लिए यह वृद्धि खतरनाक है।

सारणी

पृथ्वी से सम्बन्धित कुछ महत्वपूर्ण आंकड़े

परिक्रमण काल	1 वर्ष
द्रव्यमान	5.98×10^{24} किग्रा
व्यास	12756 किमी
घनत्व	5.5 ग्राम/सेमी ³
गुरुत्वीयत्वरण	9.8 मी/से
पलायन वेग	11.2 किमी/से
पूणन काल	23 घण्टे 56 मिनट 41 सेकण्ड
धरातलीय क्षेत्रफल	5.1×10^8 वर्ग किमी
वायुमण्डलीय दाब	1 बार

वायुमण्डल को प्रदूषण से बचाये रखना जीवन के लिए आवश्यक है। प्रागैतिहासिक काल के उदाहरण से हमें सबक लेना चाहिए। पृथ्वी के इतिहास में इस घटना को के टी घटना कहते हैं। यह क्रिटेनियस और टशरी काल की घटना है। समझा जाता है कि इस काल में ब्रह्माण्ड से दस किलोमीटर व्यास की एक ग्रहिका पृथ्वी से भावर टकराई। इससे पृथ्वी पर हिरोशिमा पर गिरे बम से 5 अरब गुना अधिक शक्ति यकायक प्रकट हुई। इस कारण 10^{17} किलोग्राम मिट्टी उड़ी होगी। अर्थात् तब पृथ्वी पूरी तरह धूल से आच्छादित हो गई होगी। उस अरसे में सूर्य की किरणें पृथ्वी पर नहीं पहुँच पाई होंगी। ठण्ड और अंधेरे का यह काल कई महिनों रहा होगा। निश्चय ही तब जीवन लुप्त हो गया होगा। डायनासौर इस युग में घरती पर थे। अत एक अनुमान यह भी है कि डायनासौर इसी भाति पृथ्वी से समाप्त हुए हैं।

वस्तुतः यह के टी तबाही का अन्वेषण 1960 में हुआ। यह पृथ्वी निवासियों के लिए एक चेतावनी है। परमाणु युद्ध होने पर ऐसी ही स्थिति पदा होगी क्योंकि तब धूम्र धूल और अन्य प्रदूषण सूय की रोशनी को दूर आकाश में ही अवशोषित कर लेंगे। पृथ्वी पर एक अन्धकार सर्दों जिसे 'नामिकीय सर्दी' कह सकते हैं हो जायेगी। ऐसी ठण्ड में जीवन का स्रोत हो जायेगा जसा कि के टी काल में हुआ था।



चंद्रमा

पृथ्वी के अतिरिक्त किसी और पिण्ड की संरचना मनुष्य द्वारा हुई है तो वह है चंद्रमा। चंद्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी का $1/80$ भाग है और गुरुत्वीय त्वरण 17% ही है। यदि उत्पत्ति काल में चंद्रमा का कोई वायुमण्डल होगा भी तो वह कालांतर में लुप्त हो गया। वहां न तो पानी था ना ही किसी भाति का जीवन। चंद्रमा हमारे निकट की वस्तु है अतः इसके घरातल को दूरबीन द्वारा टोहा जा सकता है। चंद्रमा की भूमि की और अधिक भूगर्भशास्त्रीय जानकारी ईस्वी सन् 1960 के बाद की उपलब्धियां हैं फिर भी इसके घरातल के मानचित्र बहुत पहले से ही बना लिये गये थे। चंद्रमा की दूसरी ओर जो पृथ्वी से दिखलाई नहीं पड़ती, की जानकारी सोवियत रूस के लूना-3 ने सन् 1959 में दी। 20 जुलाई 1969 का मनुष्य के कदम चंद्रमा की धरती पर पड़े। 1968 से 1972 के मध्य अमेरिका ने 12 अंतरिक्ष यानों वहां पर भेजे। चंद्रमा की धरती का 400 किलोग्राम प्रतिदण (सैंपल) पृथ्वी पर पहुंच चुका है।

सारणी

चंद्रमा के कुछ भौतिक गुण

द्रव्यमान (पृथ्वी = 1)	0 0 12
व्यास	3476 किमी
घात्व	3 34 ग्राम/सेमी ³
गुरुत्वीय त्वरण (पृथ्वी = 1)	0 17
पलायन वेग	2 4 किमी/से
घूर्णन काल	27 3 दिन
धरातल का क्षेत्रफल (पृथ्वी = 1)	0 27

चंद्रमा के घनत्व का मान 3 3 है जिससे यह अनुमान जाता है कि वह मुख्यतया मिलिकेट चट्टानों में बना हुआ है। पृथ्वी से विपरीत धातुओं का वहां

चंद्रमा

प्रभाव ही है। पृथ्वी की भांति उसका त्रोटक भी भारी नहीं। न ही चंद्रमा का कोई चुम्बकीय क्षेत्र है। भूचाल जसी हलचलें वहां प्रायः नहीं-सी हैं। पृथ्वी की अपेक्षा चंद्रमा की पर्यंती अधिक मोटी है। चित्रों में हम पाते हैं कि चंद्रमा पर शृंग और गर्त की कतारें हैं। यह घरातल की दिविधता उस पर कालांतर में लगातार छोटे-छोटे पिण्डों के आघात से आई है। चंद्र गर्तों को वर्षों पूर्व समुद्रों की सजा दी गई थी, वे ही नाम प्रचलित हो चले हैं। उदाहरण के लिए एक गर्त का नाम मारे-यूबियम है अर्थात् बादलों का समुद्र। जबकि शृंगों के नाम विख्यात वजानिकों के नामों पर रखे गये हैं जैसे प्लूटो, केप्लर, क्रेटर आदि। चंद्रमा की चट्टानों की प्रायु रेडियोधर्मी विधि से ज्ञात की गई तो पता चला कि चंद्रमा और पृथ्वी दोनों लगभग एक ही समय बने लगते हैं। यह उम्र 4.5 अरबवर्ष प्राचीन है। चंद्रमा के तथाकथित समुद्र बेसास्ट चट्टान के बने हैं जबकि समतल और ऊँचाई की चट्टानें सिलिकेट पदार्थ की हैं। यद्यपि चंद्रमा पर वायुमंडल नहीं है परंतु उसके परिवर्तन का प्रश्न ही नहीं उठता फिर भी पहाड़ की चोटियाँ गोलाई लिये हैं। स्मरण रहे पृथ्वी पर यह गोलाईवाली वायु पानी और तापमान तथा अन्य कारणों से है। मात्र उल्का-पिण्डों का आघात ही एक कारण है जो कि चंद्रमा की सतह पर टूटफूट के लिए उत्तरदायी है। इसलिए यह वायु बहुत बहुत वर्षों में हुआ होगा। निश्चय ही ये आकृतियाँ भतीत की हैं और अतीत की जानकारीयाँ देती हैं।

घरातल

चंद्रमा का घरातल बहुत ही बारीक मृदा से ढका हुआ है। जब अन्तरिक्ष यात्री चंद्रमा की सतह पर उतरा तो उसके जूते कुछेक सेटीमीटर मिट्टी में धस गये। मिट्टी की यह सरघ्रता और भुरभुरापन ही कारण है कि वहाँ दिन और रात के तापमान में बहुत अधिक अन्तर है। ठोस चट्टानों का घरातल यदि चंद्रमा का बना होता तो वहाँ भी पृथ्वी की तरह बहुत अधिक अन्तर नहीं होता। उल्कापिण्डों के टकराने से ही चट्टानें टूटीं और यह धूलि बनी है। इस धूल के नमूने का प्रेक्षण लें तो हमें इनमें काच की छोटी छोटी गोलियाँ भी नजर आती हैं। अवश्य ही ये चट्टानों के पिघलने से हुई होंगी। चंद्रमा की धूलि में अन्तरराश्ट्रीय धूल की मात्रा भी पाई गई है। इस काली चंद्र धूल का दोपहर का तापमान इतना अधिक हो जाता है कि पानी हो तो उबलने लगे। अंधेरी रात्रि में इसका तापमान गिर कर -137°C ही रह जाता है।

चंद्रमा और पृथ्वी की रचना लगभग एक ही समय में हुई है। चूंकि पृथ्वी पर भूमिगत उथल पुथल खूब हुई है अतः इसकी बनावट में कई परिवर्तन आये हैं। चंद्रमा पर तुलनात्मक रूप से कम परिवर्तन आये हैं अतएव वहाँ प्रायः सब कुछ

बसा ही है जैसा कि भारम्भ में था। वहाँके गतों की आकृति घट गोलाकार ही है। ये सारे बाह्य पिण्डों के टकराने से बने हैं। ये पिण्ड बहुत तेज गति से घाबर टकराये होंगे तभी इनसे बने खट्ट की सतह घृत रूप की हो सकती है।

चंद्रमा की उत्पत्ति के लिए मुख्यतया तीन सिद्धांत हैं—(क) चंद्रमा पृथ्वी का ही एक भाग था लेकिन भ्रमण में हम से टूट कर अलग हो गया इस भाँति वह पृथक अस्तित्व में आया— विखण्डन सिद्धांत। (ख) बना तो वह पृथकतया मगर उसी समय बना जबकि पृथ्वी बनी थी—भगिनी सिद्धांत। (ग) सौरमंडल में चंद्रमा बना तो वही और ही होगा पर तु कालान्तर में पृथ्वी द्वारा प्रग्रहीत कर लिया गया—प्रग्रहण सिद्धांत। इन तीनों सिद्धान्तों की अपनी विशेषताएँ हैं और साथ ही कमियाँ भी हैं। विखण्डन सिद्धान्त मानने में कठिनाई है कि यदि एक ही से अलग अलग हुए तो रासायनिक बनावट और पदार्थों की मात्रा में इतना अन्तर क्यों है? यही बात भगिनी सिद्धान्त के लिए भी लागू होती है। प्रग्रहण सिद्धांत की मुख्य कठिनाई तो यही है कि इस सम्भावना के होने की प्रतिशत बहुत अल्प है।

एक और सिद्धांत प्रचलित है जिसे किसी 'नीमकाय का सघट्ट' सिद्धांत से जाना जाता है। यहाँ ऐसा माना गया है कि पृथ्वी से मंगल की तरह का कोई पिण्ड तिरछे आकर टकराया। यह घटना तब की है जबकि पृथ्वी का क्रोड ठोस रूप ले चुका था। एक और को क्रोड से ऊपर का हिस्सा इस सघट्ट से टूट कर बिखर गया। यह बिखरा गम पदार्थ ठंडा होकर एकत्रित हुआ और चंद्रमा बना। चूँकि सघट्ट से उठा हुआ पदार्थ पृथ्वी की खोल का था इसीलिए चंद्रमा के क्रोड में भारी तत्व नहीं हैं। इस सिद्धान्त की एक विशेषता यह है कि इससे रासायनिक सम्बंधी कई प्रश्नों की पुष्टि स्वतः ही हो जाती है।



बुध

सूर्य के सबसे अधिक पास की स्थिति में बुध (ग्रह) है। इसी कारण यह सबसे चमकीला ग्रह है मगर इसे कम व्यक्तियों ने ही देखा होगा। इसकी कक्षा की लम्बाई पृथ्वी कक्षा की चालीस प्रतिशत ही है। सूर्योदय में अभी घण्टा दो घण्टा शेष हो उस समय के प्रातःकालीन आसमान में बुध को देखना अधिक सुविधाजनक ही नहीं सम्भावित भी है। इसका व्यास पृथ्वी का आधा सा है। इसका घनत्व चंद्रमा से अधिक है। बुध के घनत्व के मान अधिक होने से यह पता चलता है कि इसमें धातुई पदार्थों की अधिकता है। बुध की शीट 3500 किमी है जो कि मुख्यतया लौह निकल का बना है। बुध का 60% द्रव्यमान इसी हिस्से में है। मात्र 40% सिलिकेट है जो कि बाहरी खोल की रचना में लगा है। बुध और चंद्रमा में बई समानताएँ हैं मगर एक विषमता विशेष ध्यान योग्य है वह है बुध का अपना चुम्बकीय क्षेत्र है। इस पर किसी वस्तु का पलायन वेग भी कम है (4.3 किमी/से) और धरातल का तापमान अधिक है। अतः बुध का वायुमण्डल होना असम्भव है। उस पर साडियम गैस की सूक्ष्म मात्रा 1985 में प्रेक्षित की गई है। दिन की धूप में सतह का तापमान 700K होता है जबकि रात्रि में गिर कर 100K रह जाता है।

धरातल

बुध के बारे में बहुत सारी जानकारियाँ हमें अन्तरिक्ष यान मौरिनर द्वारा भेजे गये चित्रों से मिली हैं। 1974-75 के इस अमेरिकी अनुसंधान से पता चला कि यह बहुत सारी बातों में चंद्रमा से मिलता जुलता है। इस पर भी हजारों की संख्या में गत हैं और सबसे बड़ा खड्ड तो तेरह सौ किलोमीटर तक व्यास का है। वहाँ कुछ पहाड़ियाँ भी हैं जिनकी ऊँचाई एक किलोमीटर के लगभग है। इस पर स्थित मुख्य स्थानों के सम्बोधन वज्ञानिकों के नामों पर नहीं हैं बल्कि ये नाम साहित्यकारों और कलाकारों के हैं। कुछेक गतों के नाम हैं—बास मोर्जाट, शेक्सपियर तालस्ताय। दूरबीन से बुध का अध्ययन करना कठिन कार्य है। एक अन्तरिक्ष

यान ही उसके पास से गुजरा है मत भ्रमी हमारे पास बुध की विस्तृत जानकारी नहीं है।

बुध के कुछ भौतिक गुण	
द्रव्यमान (पृथ्वी = 1)	0 055
व्यास (किमी)	4878
घनत्व (ग्राम/सेमी ³)	5 43
गुरुत्वीय त्वरण (पृथ्वी = 1)	0 38
पलायन वेग (किमी/से)	4 3
घूर्णनकाल (दिन)	58 6
परिपथ का क्षेत्रफल (पृथ्वी = 1)	0 38



मंगल-शुक्र पृथ्वी जैसे हैं

मंगल और शुक्र पृथ्वी के नजदीकी पड़ोसी ग्रह होने से इन पर पर्याप्त वैज्ञानिक छानबीन हुई है। ये दोनों ही खूब टिमटिमाते हैं। इनकी घूर्णन कक्षाएं कुछ इस प्रकार की हैं कि ये पृथ्वी के नजदीक भी आते हैं। पृथ्वी का वायुमण्डल स्वच्छ हो तो शुक्र के कारण वस्तुओं की परछाईं धरती पर देखी जा सकती है। मंगल ग्रह लाल वर्ण का है। यह रंग उसे अपनी धरती के रंग से मिला है। इसकी धरती पर लोह ऑक्साइड की भरमार है। काफी समय तक यह भ्रम धारणा रही कि मंगल पर जीव हैं। 1877 में एक इटेलिन वैज्ञानिक ने धारणा की थी कि मंगल पर पानी की नहरें दिखाई देती हैं। फिर तो एक अमेरिकी वैज्ञानिक लॉवेल ने अपनी दूरबीन से जो देखा उन प्रेक्षकों के आधार पर धारणा कर डाली कि मंगलवासी अति बुद्धिमान हैं। श्री लॉवेल के अनुसार मंगलवासियों ने अपने ग्रह के ध्रुवों से जहां पर कि जल है उसे अथ स्थानों तक पहुंचाने के लिए पक्की नहरें बना रखी हैं। हम सब जानते हैं कि यह तो भ्रम मात्र है या प्रकाशीय प्रतिभास। अन्तरिक्षयान से प्राप्त चित्रों से सारे भ्रम दूर हो गये कि वे सिंचाई के लिए पानी की नहरें नहीं हैं।

मंगल और पृथ्वी

मंगल के एक दिन का मान पृथ्वी के लगभग समान ही है। पृथ्वी के ध्रुवों की तरह मंगल के ध्रुव भी झुके हुए हैं। इसी कारण वहां भी मौसम में परिवर्तन होता है। मंगल ग्रह का एक वर्ष पृथ्वी से बड़ा होने के कारण वहां की प्रत्येक ऋतु की अवधि लम्बी है। 22 जुलाई 1969 को अन्तरिक्षयान मेरिनर-4 मंगल के पास से गुजरा। उसके द्वारा लिये गये चित्रों से पता चलता है कि मंगल के धरातल पर कोई नहरें नहीं हैं वहां प्राकृतिक गड्डे ही गड्डे हैं। 1971 में मेरिनर-9 द्वारा प्रेषित जानकारियों से कई नये भूमिगत लक्षण पहचाने गये। उसके बाद वाइकिंग यान के मंगल ग्रह पर उतर जाने के साथ मंगल ग्रह का पूरा परिचय ही एक तरह से मिल गया।

पृथ्वी की अपेक्षा मंगल छोटा ग्रह है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी का स्यारह प्रतिशत है। चन्द्रमा और बुध से यह बड़ा है। मंगल ग्रह का अपना वायुमण्डल है।

मंगल ग्रह का व्यास पृथ्वी का आधा है। इसका कुल घरातलीय क्षेत्र उतना ही है जितना कि हमारे यहाँ के महाद्वीपों का क्षेत्रफल। इसका घनत्व 4 ग्राम/सेमी³ है। अर्थात् इसकी संरचना के पदार्थ पृथ्वी और चंद्रमा के बीच के हैं। इस का क्रोड 240⁹ कि.मीटर का है जो कि आइरनसल्फाइड धातु का बना है। चूँकि मंगल ग्रह का कोई चुम्बकीय क्षेत्र नहीं है अतएव उसका क्रोड ठोस ही है। मंगल ग्रह के घरातल को दो भागों में बाटा जा सकता है। दक्षिणी गोलार्द्ध में मुख्य रूप से गड्डे हैं। शेष आधा जो कि अपेक्षाकृत कम पुराना लगता है उसकी घरती पर ज्वालामुखी आदि कारणों से बनी आकृतियाँ स्पष्ट हैं। सघट्टों के कारण बने हुए खड्ड भी वहाँ पर हैं। लुडकता हुआ ज्वालामुखी घरातल स्पष्ट देखा जा सकता है ये क्रियाएँ प्रायः उभी काल की हैं जबकि चंद्रमा पर भी ऐसी सक्रियता थी। मंगल ग्रह की मिट्टी में लोहे के आक्साइड की अधिकता है। वहाँ तापमान में अधिक परिवर्तन है। दिन में 240K (-33°C) से रात्रि में 190K (-83°C) होना है। ऐसे तापांतर के कारण वहाँ पवन वेग भी मान बदलते हैं। वाइकिंग द्वारा लिए गये चित्रों में धून की आँधी दिखलाई देती है।

वायुमण्डल

मंगल ग्रह पर वायुमण्डल का दाब पृथ्वी की तुलना में 1% ही है। इस वायुमण्डल में तीन गसों का मिश्रण है। 95% मात्रा कार्बन डाइऑक्साइड की है 3% नाइट्रोजन और लगभग 2% आर्गन तथा अल्प मात्रा में कोई अन्य गसे हैं। मंगल पर भी वादल बनते हैं। वे धूल, पानी ऑक्सीजन के और कार्बन डाइऑक्साइड के होते हैं। चूँकि कार्बन डाइऑक्साइड की बहुतायत है अतः उसके वहाँ ठोस मणिम पाये जाते हैं। ऐसा इसलिए कि 150 K पर कार्बन डाइऑक्साइड जम कर अवस्था परिवर्तित करती है। मंगल के वातावरण में पानी की मात्रा प्रश्न ही है किंतु उसका द्रवावस्था में होना सम्भव नहीं है। इसके दो प्रमुख कारण हैं एक तो तापमान का मान अल्प है दूसरा यदि ताप बढ़ भी जाय तो दाब का मान भी बहुत कम है कि जल द्रवावस्था में आ जाय। सिद्धान्ततः वहाँ जल की दो अवस्थाएँ ठोस या गैस ही समभव हैं।

नहरें और खाद

टेलीस्कोप से ध्यानपूर्वक देखने पर मंगल के ध्रुवों पर बमकीली टोपियाँ नजर आती हैं जो कि घटती-बढ़ती रहती है। ये मौसमी टोपियाँ दिखने में बिल्कुल बरसी ही हैं जैसे कि पृथ्वी पर हिमाच्छादित स्थान। स्मरण रहे मंगल ग्रह पर ये कार्बन डाइऑक्साइड के जमाव के कारण हैं। हम जानते हैं मंगल पर जल द्रवावस्था में नहीं है। वहाँ की घरती के निरीक्षण से पता चलता है कि वहाँ बरसातें हुई हैं और वहाँ की नदियों में पानी था। विपुल्व रेखीय घरातल पर

बलसाती नहरों की प्राकृतियाँ हैं। इनकी गहराई कुछ मीटर है कुछेक तो दस-दस मीटर चौड़ी हैं और 10 से 20 किलो मीटर तक लम्बी भी। वह काल जबकि वहाँ बरसात हुई होगी 3 9 अरब वर्ष रहा होगा। इन छोटी नहरों के प्रतिरिक्त पर्याप्त सम्बाई की नदी के अवशेष भी है। अतएव स्वाभाविक प्रश्न उठता है कि ये पानी की नदिया थी तो वह पानी कहां से आया और अब सुप्त कैसे हो गया? केवल एक ही उत्तर ठीक सा बैठता लगता है कि कभी ज्वालामुखी फटने के साथ हिम खण्ड पिघल गये होंगे और ऐसा बहाव उत्पन्न हुआ होगा। सम्भावना है कि कुछ अरब वर्ष पूर्व वहाँ तापमान सामान्य हो बरसात होती हो और तब वायुमण्डल वहाँ भी पृथ्वी की भांति घना हो। मगर यह तो स्पष्ट है कि मंगल ग्रह का आकार छोटा है अतः वहाँ ऊष्ण परिस्थितियाँ अधिक समय तक नहीं रही होगी। वायुमण्डल की गसों का अन्तरिक्ष से लोप होने से कालान्तर में तापमान घटता चला गया होगा।

जीवन की सम्भावना

यह तो स्पष्ट है कि मंगल पर अतीत में पानी था अतएव सम्भव है कि तब किसी भांति का जीवन रहा होगा। जिज्ञासा यह भी स्वाभाविक है कि वह अब भी लोप नहीं हुआ हो। वाइकिंग यान का उद्देश्य यही पता लगाना था। वाइकिंग की प्रयोगशाला में इसी रहस्योद्घाटन के लिए मिट्टी के परीक्षण किये गये थे। ये परीक्षण तीन लक्ष्यों के लेकर किये गये थे यदि जीव है तो उसकी स्वास प्रक्रिया का पता लगाना। जीव है तो भोजन का अवशोषण होगा। जीव द्वारा धरती और वायुमण्डल में गसों का विनिमय होगा। एक उपकरण मंगल की धरती में उपस्थित कार्बनिक तत्वों का पता लगाने के लिए स्थापित किया गया था। इन सारे प्रयोगों से जो निष्कर्ष प्राप्त हुआ वह यह था कि यहाँ सक्रियता तो है मगर वे केवल अकार्बनिक पदार्थों की अभिव्रियाओं के कारण ही है। चूँकि वहाँ परा-खीननी विकिरणों की प्रबलता है अतः वहाँ की धरती की सक्रियता भिन्न प्रकार की है।

सारणी

मंगल के कुछ भौतिक गुण

परिक्रमा काल	1 88 वर्ष
द्रव्यमान (पृथ्वी = 1)	0 11
ध्यास	6794 किमी
घनत्व	3 9 ग्राम/सेमी ³
गुरुत्वीयत्व (पृथ्वी = 1)	0 38

पलायन वेग	5 किमी/से
घूर्णन काल	24 6 घंटे
घरातल का क्षेत्रफल (पृथ्वी = 1)	0 28
वायुदाब	0 006 बार

शुक्र

शुक्र ग्रह बादलों की चादर लपेटे रहता है अतः उसके भीतर का प्रेक्षण दूरबीन से सम्भव नहीं है। ये बादल इतने प्रभावी हैं कि सूर्य के प्रकाश का 70% भाग परावर्तित कर देते हैं। राडार तकनीकी द्वारा शुक्र के घूर्णन काल का पता लगाया गया। इस अध्ययन से पता चला कि शुक्र तो पूरव से पश्चिम की ओर घूर्णन करता है। अथ पण्डो से यह बिल्कुल ही विपरीत बात है। शुक्र का परिक्रमा काल 250 पृथ्वी दिवस है। एक ओर अमेरिकी अंतरिक्ष कार्यक्रम मंगल पर केन्द्रित थे तो दूसरी ओर रूसी अंतरिक्ष कार्यक्रम शुक्र की ओर प्रतिबद्ध थे। वेनेरा' जिमका अथ शुक्र हे द्वारा पर्याप्त जानकारी प्राप्त की गई। 1970 ई में वेनेरा 7 शुक्र पर उतगा और उसने वहाँ से 23 मिनटों तक महत्वपूर्ण आंकड़े भेजे। शुक्र का विस्तृत मानचित्र वेनेरा-15 और वेनेरा 16 से प्राप्त जानकारियों से बनाया गया है। शुक्र बड़ा ग्रह है। पृथ्वी का 82% द्रव्यमान है और घनत्व भी पृथ्वी तुल्य ही है। परंतु इसका वायुमण्डल घना और भारी है लगभग 100 गुना। इसका घरातल भी खूब गर्म है। इसकी सतह का तापमान 730K तक होता है।

घरातल

शुक्र के बादल इतने अपारदर्शी हैं कि पृथ्वी से शुक्र को टोहना मुश्किल काम है। किसी दूर स्थित ग्रह की वायु उस पर विद्यमान गह्वरों और बाह्य भाषाओं की सहायता जातकर अनुमानित की जाती है। शुक्र ग्रह पर ऐसे गह्वरों की संख्या चंद्रमा पर की संख्या का 10 से 20 प्रतिशत है। इससे अनुमान लगता है कि शुक्र के वर्तमान घरातल की रचना एक अरब वर्ष पूर्व से अधिक पुरानी नहीं है। मैक्सवेल पहाड़ियाँ वहाँ की सबसे ऊँची पहाड़ी शृंखला है। इसके पास ही 85 किलो मीटर व्यास की घसान है। इसे क्लेयोपेट्रा नाम दिया गया है। लगता है यह किसी ज्वालामुखी उदगम के कारण हुई होगी। दो और पहाड़ी क्षेत्र जिन्हें α और β नाम से जाना जाता है ज्वालामुखी से लगते हैं। अनुमान है कि वहाँ अब भी ज्वालामुखी सक्रिय है। शुक्र ग्रह की धरती का ऊपरी हिस्सा इतना गर्म है कि सीसा-जस्ता पिघल जाये। दाब का मान 90 बार और तापमान 730K है। सूर्य की किरणें सीधी शुक्र के घरातल पर नहीं पहुँचतीं। विसरित प्रकाश से घरातल स्पष्ट नजर आता है। वहाँ मौसम अपरिवर्तनशील है। चूँकि घरातल पर बहुत

मारी वायुमण्डल है घट भीतिक गुणों की दृष्टि से शुक के प्रत्येक स्थान एक दूसरे से मिलते जुलते हैं ।

वायुमण्डल

वहाँ का 90% वायुमण्डल तो कार्बन डाइऑक्साइड का है । 3 5% नाइट्रोजन और बहुत कम मात्राओ में अन्य गैसें हैं । तुलनात्मक तौर पर शुक का वायुमण्डल मगल जसा माना जा सकता है परंतु सतह पर दाब 70 हजार गुना अधिक है । इसके वायुमण्डल का विभाजन करें तो धरातल से लगते मण्डल की ऊँचाई 50 किलोमीटर है । इस पर गंधक की घमेल के मोटे मोटे बादल हैं । इस भाँति इसका वायुमण्डल विपाक्त है । मगर शुक पर इतने अधिक तापमान का कारण क्या हो सकता है ? वहाँ निजी ऊर्जा के इतने घने स्रोत नहीं हैं जिससे इतनी ऊष्मा उत्पन्न हो सके । वस्तुतः वहाँ पर ऊँचे तापमान का प्रमुख कारण है कि वह सूर्य से जितनी ऊर्जा प्राप्त करता है उसका कुछ अंश ही विक्षिरण द्वारा पुनः स्थानांतरित होता है । यह सब मारी भरकय बादलों के शबल के कारण है । वैज्ञानिक भाषा में इसे ग्रीन हाउस प्रभाव कहा जाता है । शुक के धरातल पर पृथ्वी रश्मिया वणकम के अव-रक्त क्षेत्र में परावर्तित होती हैं । कार्बन डाइऑक्साइड गस इस क्षेत्र में पारदर्शी नहीं है अतएव ऊष्मा बाहर नहीं जा पाती है और इस भाँति ऊष्मा की मात्रा वही बनी रहती है ।

पलायन वेग	5 किमी/से
घूर्णन काल	24 6 घंटे
धरातल का क्षेत्रफल (पृथ्वी = 1)	0 28
वायुदाब	0 006 बार

शुक्र

शुक्र ग्रह बादलों की चादर सपेटे रहता है अतः उसके भीतर का प्रेक्षण दूरबीन से संभव नहीं है। ये बादल इतने प्रभावी हैं कि सूर्य के प्रकाश का 70% भाग परावर्तित कर देते हैं। राडार तकनीकी द्वारा शुक्र के घूर्णन काल का पता लगाया गया। इस अध्ययन से पता चला कि शुक्र तो पूव से पश्चिम की ओर घूर्णन करता है। ग्रह पिण्डों से यह बिल्कुल ही विपरीत बात है। शुक्र का परिक्रमा काल 250 पृथ्वी दिवस है। एक ओर अमेरिकी अंतरिक्ष कार्यक्रम मंगल पर केंद्रित थे तो दूसरी ओर रूसी अंतरिक्ष कार्यक्रम शुक्र की ओर प्रतिबद्ध थे। वेनेरा जिमका भ्रम शुक्र के द्वारा पर्याप्त जानकारी प्राप्त की गई। 1970 ई में वेनेरा-7 शुक्र पर उतरा और उसने वहाँ से 23 मिनटों तक महत्वपूर्ण आकड़े भेजे। शुक्र का विस्तृत मानचित्र वेनेरा 15 और वेनेरा 16 से प्राप्त जानकारी से बनाया गया है। शुक्र बड़ा ग्रह है। पृथ्वी का 82% द्रव्यमान है और घनत्व भी पृथ्वी तुल्य ही है। परंतु इसका वायुमण्डल घना और भारी है लगभग 100 गुना। इसका धरातल भी खूब गर्म है। इसकी सतह का तापमान 730K तक होता है।

धरातल

शुक्र के बादल इतने अपारदर्शी हैं कि पृथ्वी से शुक्र को टोहना मुश्किल काम है। किसी दूर स्थित ग्रह की वायु उस पर विद्यमान गहरों और बाह्य भागों की सबका शातकर अनुमानित की जाती है। शुक्र ग्रह पर ऐसे गहरों की संख्या चंद्रमा पर की संख्या का 10 से 20 प्रतिशत है। इससे अनुमान लगता है कि शुक्र के वर्तमान धरातल की रचना एक अरब वर्ष पूर्व से अधिक पुरानी नहीं है। मैक्सवेल पहाड़ियाँ वहाँ की सबसे ऊँची पहाड़ी शृंखला है। इसके पास ही 85 किलो मीटर व्यास की घसान है। इसे क्लेयोपेट्रा नाम दिया गया है। लगता है यह किसी ज्वालामुखी उद्गम के कारण हुई होगी। दो और पहाड़ी क्षेत्र जिन्हें α और β नाम से जाना जाता है ज्वालामुखी से लगते हैं। अनुमान है कि वहाँ अब भी ज्वालामुखी सक्रिय है। शुक्र ग्रह की धरती का ऊपरी हिस्सा इतना गर्म है कि सीसा-जस्ता पिघल जाये। दाब का मान 90 बार और तापमान 730K है। सूर्य की किरणें सीधी शुक्र के धरातल पर नहीं पहुँचतीं। विसरित प्रकाश से धरातल स्पष्ट नजर आता है। वहाँ मौसम अपरिवर्तनीय है। चूँकि धरातल पर बहुत

भारी वायुमण्डल है भूत भौतिक गुणों की दृष्टि से शुक्र के प्रत्येक स्थान एक दूसरे से मिलते जुलते हैं ।

वायुमण्डल

वहाँ का 90% वायुमण्डल तो कार्बन डाइऑक्साइड का है । 3.5% नाइट्रोजन और बहुत कम मात्राओं में अन्य गैसें हैं । तुलनात्मक तौर पर शुक्र का वायुमण्डल मंगल जसा माना जा सकता है परंतु सतह पर दाब 70 हजार गुना अधिक है । इसके वायुमण्डल का विभाजन करें तो घरातल से लगते मण्डल की ऊँचाई 50 किलोमीटर है । इस पर गंधक की झल्ल के भोटे भोटे बादल हैं । इस भाँति इसका वायुमण्डल विपाक्त है । मगर शुक्र पर इतने अधिक तापमान का कारण क्या हो सकता है ? वहाँ निजी ऊर्जा के इतने घने स्रोत नहीं हैं जिससे इतनी ऊष्मा उत्पन्न हो सके । वस्तुतः वहाँ पर ऊँचे तापमान का प्रमुख कारण है कि वह सूर्य से जितनी ऊर्जा प्राप्त करता है उसका कुछ भण ही विकिरण द्वारा पुनः स्थानांतरित होता है । यह सब भारी भ्रूणकय बादलों के कबल के कारण है । वनानिक माप में इसे ग्रीन हाउस प्रभाव कहा जाता है । शुक्र के घरातल पर पहुँची रश्मियाँ वणक्रम के अव-रक्त क्षेत्र में परावर्तित होती हैं । कार्बन डाइऑक्साइड गैस इस क्षेत्र में पारदर्शी नहीं है भूतएव ऊष्मा बाहर नहीं जा पाती है और इस भाँति ऊष्मा की मात्रा वही बनी रहती है ।



भीमकाय ग्रह

सौरमण्डल के बाहरी प्रतिनिधि भीतरी ग्रहों से कई अर्थों में भिन्न हैं। एक तो यह ग्रह आकार में बड़े हैं। इनके बीच की दूरियाँ भी बड़े चढ़े मानों की हैं। इनके उपग्रहों और छल्लों की संख्या भी ज्यादा है। ये ग्रह हैं बृहस्पति शनि यूरेनस (उरूण) नेपचून (वरूण) और प्लूटो (कुबेर)। इनमें से पहले चार तो विशाल और भीमकाय हैं प्लूटो जरा छोटा है। बड़े प्लूटो है तो ग्रह मगर भौतिक गुणों की दृष्टि से वह उपग्रहों जमा है। बृहस्पति और शनि पृथ्वी से बहुत दूर हैं। आभासी तौर पर वे चमकते तारे ही लगते हैं। उरूण और वरूण की खोज तो अपेक्षाकृत हाल ही की है।

ग्रह मण्डल में अधिकांश द्रव्यमान तो इन भीमकाय पिण्डों के कारण ही है। बृहस्पति तो पृथ्वी से 318 गुना भारी है। इसका व्यास पृथ्वी के व्यास से ग्यारह गुणा अधिक है। इसका घनत्व पार्थिव ग्रहों की तुलना में कम है। यह मान है 1.38 ग्राम/सेमी³/शनि का द्रव्यमान पृथ्वी से 94 गुना है। इसका घनत्व तो और भी कम है 0.7 ग्राम/सेमी³/स्पष्ट है कि यह तो तल से भी हल्का है अर्थात् वह पानी के समुद्र पर तैरेगा। उरूण और वरूण के द्रव्यमान पृथ्वी से लगभग 15 गुना अधिक हैं। बृहस्पति बना तो हाइड्रोजन से है परंतु इसकी आकृति और घायतन ऐसे हैं कि गम में नाभिकीय अभिन्रिया से ऊर्जा उत्पन्न नहीं होती है।

रासायनिक संरचना

जब हम मंगल और क्षुद्र ग्रहों से आगे बढ़ते हैं तो हमें जो ग्रह प्राप्त होना हैं उनके रचयिता पदार्थ भिन्न ही हैं। यहाँ हल्की गम हाइड्रोजन की अधिपता है। अर्थात् बाहरी सौर मण्डल की रासायनिकी अंधाधी है। मान लें कि कुछ मात्रा ऑक्सीजन की हो जाय ता वह हाइड्रोजन से मिलकर जल निर्माण कर लेगी अतएव ऑक्सीजन की घटना यहाँ अत्यंत है। इनमें मायन इथेन एमोनिया एमिटिसीन आदि गमों का बोनवासा है। इन ग्रहों का आठ भारी तत्वों की अट्टान से बना है उनमें बाइ हिम है। इन पर आरबीय हाइड्रोजन है। इन पर हाइड्रोजन अब अचर्या में है जो कि आग्नि अचर्या है और फिर हाइड्रोजन का गतीय रूप विद्यमान है।

भीमकाय ग्रह

सौरतंत्र के इन विशिष्ट प्रतिनिधियों की जानकारी के लिए जो अंतरिक्षयान भेजे गये वे पायनियर नाम लिये थे। 1972 और 73 में पायनियर 10 और 11 भेजे गये थे। 1974 में पायनियर 10 बृहस्पति की पार कर गया था। पायनियर 11 ने बृहस्पति के प्रक्षेप लेने के बाद अपना पथ शनि की ओर मोड़ लिया था। 1979 में वह शनि के पास पहुँचा था। उक्त दोनों पायनियर अब सौरमण्डल से दूर जा रहे हैं। (मगर सन् 1977 में पृथ्वी से भेजे गये वोयेजर 1 और 2 वैज्ञानिक जानकारी के लिए अधिक उपयुक्त रहे हैं।) वोयेजर-1, 1979 में बृहस्पति के पास पहुँचा था और 80 में शनि की ओर और 1986 में उरूण की ओर मुड़ा था। वोयेजर 2 इस समय नेप्च्यून (वरुण) के पास है।

बृहस्पति और शनि

सभी ग्रहों में भारी भरकम होने से बृहस्पति का अर्थ नाम गुरु साथक ही है। शनि अपने बलयों के कारण खूबसूरत ग्रह है। सूर्य से बृहस्पति की दूरी पृथ्वी से 5.2 गुना है। इसका परिक्रमण काल 12 वर्ष है। बृहस्पति की तुलना में शनि लगभग



दुगुनी दूरी पर है। इसका परिक्रमण काल 30 वर्ष है। बृहस्पति का घूर्णन काल लगभग दस घण्टे है जबकि शनि का 10 घण्टे 39 मिनट। बृहस्पति के अक्ष का झुकाव मात्र 3° है। वहाँ मौसम परिवर्तित नहीं होते। मिश्रता लिए हुए शनि है। जिसकी घसरा झुकाव $27-27^\circ$ होने से वहाँ मौसम में परिवर्तन आते हैं।

ग्रहों के झोड

जब बृहस्पति पिण्ड निर्माण प्रक्रिया में होता है तो वायुनिरूप में होता है। बादल और धूलि के अक्षरों की ओर सघनीत होते हैं और वहाँ उच्चतम तापमान हा जाता है।

धीरे धीरे सघनीत होने का यह क्रम जारी रहने से वहाँ गर्मी पैदा करने की प्रक्रिया पर्याप्त काल तक चलती रहती है। समझा जाता है कि बृहस्पति में इसी भाँति का अपना एक निजी ऊर्जा स्रोत है। उस स्रोत से उत्पन्न हुई ऊर्जा की मात्रा लगभग उतनी ही है जितनी कि सूर्य से प्राप्त रश्मियों के अवशोषण के कारण है। शनि ग्रह में ऐसे आंतरिक ऊर्जा स्रोत की मात्रा बृहस्पति की अपेक्षा आधी है। शनि में समव तथा एक और प्रक्रिया भी कायम है। उसकी द्रव हाइड्रोजन खोल में हीलियम की भारी बूँदें डूबती जा रही हैं। केंद्र की ओर जाने से गुह्यवीय ऊर्जा वहाँ निःसृत हो रही है। यूरेनस और नेपच्यून इस दृष्टि से भिन्न हैं। वरुण (नेपच्यून) में तो हल्का ऊर्जा स्रोत है मगर उरुण में वह प्रतीत नहीं होता है। इन दोनों पिण्डों का भौतिक व्यवहार बृहस्पति और शनि से नितांत भिन्न है। वस्तुतः हमें इनके बारे में अभी विस्तृत जानकारी भी नहीं है।

वायुमण्डल

शनि एवं बृहस्पति दोनों ही मुख्यतया हाइड्रोजन और हीलियम गस से बने हुए हैं। चूँकि कार्बन और नत्रजन उपलब्ध हैं अतएव वहाँ मीथेन और एमोनिया गैसों भी हैं। इन ग्रहों पर दिखलाई देने वाले बादल एमोनिया गस के हैं। सुदूर रंगों की छटा लिए बृहस्पति के बादल खूबसूरत नजर आते हैं। शनि ग्रह की खूब सूरती उसके ज्वल्लों के कारण है। एमोनिया के बादलों के नीचे की परत एमोनियम हाइड्रो सल्फाइड की है। इनके बाद ठण्डे जलीय बादल आते हैं। निश्चय ही इन ग्रहों पर मौसम में परिवर्तन भिन्न प्रकार के होंगे। ऐसा होने के मुख्य तीन कारण हैं (1) वहाँ वायुमण्डल अधिक गहरा है और कोई ठोस सीमा नहीं है। (2) अपनी धुरी पर इन ग्रहों का चक्रण तेज गति लिये है। (3) इनके अपने निजी ऊर्जा स्रोत भी हैं जिनसे उत्पन्न ऊर्जा की मात्रा प्रायः उतनी ही है जितनी कि सूर्य के विपरीतों को अवशोषण करने पर प्राप्त होती है। बृहस्पति में एक स्थान पर उच्च दाब का क्षेत्र है। इस बृहद् लाल बलक (great red spot) कहते हैं। यह अण्डाकार स्थान लगभग 30 000 किलोमीटर का है। ये कुछ इस श्रेणी के क्षेत्र हैं कि जाँ स्याई तो नहीं रहते हैं मगर इनके बने रहने का काल बहुत छाटा भी नहीं है। तुलना की दृष्टि से ही हमें बताना चाहेंगे कि पृथ्वी पर उठा हुआ तूफान घण्टा और घरातल के ठोस स्वरूप के कारण कम समय (अधिक से अधिक कुछ सप्ताह) में ही समाप्त हो जाता है। भीमकाय ग्रहों पर अदरोग न होने के कारण इन क्षेत्रों की आयु लम्बी होती है। एक स्वाभाविक प्रश्न है कि क्या कारण है कि इनके बादलों के रंग बदलते रहते हैं? निश्चय ही जिस गस के यह हैं उसी का प्रभुत्व हो तब तो वे सफेद रंग के ही दिखन चाहिए अतः ऐसा जान पड़ता है कि कुछ और रासायनिक पदार्थ भी होंगे। हालाँकि इस सम्भावना की अभी कोई पुष्टि नहीं हो पाई है।

उरूण एव वरूण

सन् 1781 में जब यूरेनस की खोज हुई तो इसे गलती से एक घूमकेतु की तरह पहचाना गया। शीघ्र ही इसकी वक्ष का पता चल गया और यह भी ग्रह की गिनती में शामिल हो गया। नेपच्यून की खोज गणितीय गणनाओं के फलस्वरूप हुई। वरूण इतना दूर और क्षीण है कि इसे किसी दूरबीन से देखना संभव नहीं है। परन्तु घनत्व एवं आकृति की दृष्टि से तुलना करें तो उरूण वरूण जुड़वा भाई से लगते हैं। इनकी मातृक बनावट शनि बृहस्पति से असंग ही है। इनका क्रोड चट्टानों और बर्फ का बना हुआ है। वायुमण्डल में हीलियम और हाइड्रोजन की ही प्रमुखता है। यूरेनस के अक्ष का झुकाव उत्तर के सापेक्ष 98° है इस कारण वहां ऋतु परिवर्तन बड़े व्यापक तौर पर हैं। वायेजर द्वारा प्राप्त सूचना के अनुसार यूरेनस का अपना चुम्बकीय क्षेत्र भी है। नेपच्यून यद्यपि अधिक दूर है फिर भी उसके वायुमण्डल की कुछ जानकारी पृथ्वी से प्राप्त की जा सकती है।

भीमकाय पिण्डों के चुम्बकीय क्षेत्र

बृहस्पति के चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र है अंतरिक्षयानों द्वारा प्रदत्त आंकड़ों से पता चलता है कि बृहस्पति के घरातल पर चुम्बकीय क्षेत्र का मान पृथ्वी के मान से 20 से 30 गुना है। पृथ्वी की भांति ही बृहस्पति की चुम्बकीय अक्ष और घूर्णन की अक्ष एक दूसरे के साथ कोण बनाते हैं। बृहस्पति के चारों ओर चुम्बकीय गोले का विस्तार उसकी त्रिज्या के 50 से 100 गुना तक है। शनि का भी चुम्बकीय क्षेत्र है जिसका विस्तार क्षेत्र उसकी त्रिज्या से 20 से 40 गुना तक है। यूरेनस का भी चुम्बकीय क्षेत्र दूर दूर तक फैला है। पृथ्वी की भांति ही ये भीमकाय पिण्ड भी सौर पवन और वायुमण्डल से उत्पन्न आयन और इलेक्ट्रान को एकत्रित करते हैं। चूंकि ये पिण्ड घूर्णन करते हैं अतएव इनके चुम्बकीय क्षेत्र में आयनीत कण त्वरित होते जाते हैं। इस भांति ये ऊर्जा ग्रहण करते हैं। ये अर्जित कण विभिन्न तरंगदैर्घ्यों की रेडियो तरंगें उत्सर्जित करते हैं। इन रेडियो तरंगों का अध्ययन आधुनिक शोध कार्य की प्रमुख धारा ही है।



वलय, उपग्रह और प्लूटो

प्रत्येक भीमकाय पिण्ड के अपने उपग्रह और वलय अथवा छत्ते हैं। छत्ते एव उपग्रह मिल कर अपने पिण्ड के चारों ओर विशिष्ट तरह की बेजोड रचना करते हैं जो कि उस ग्रह की पहचान बन जाती है। तकनीकी दृष्टि से तो प्लूटा पिण्ड ग्रह है मगर गुणों के आधार पर वह उपग्रह जसा अधिन है। बृहस्पति शनि और यूरेनस के वलयों आदि के बारे में विस्तृत जानकारी हमें अंतरिक्ष यान वायेजर द्वारा प्राप्त हुई। वलयों एव उपग्रहों से प्राप्त वक्राक्रमों में एक रोचक बात यह पाई गई कि इन सब में जल बर्फ के रूप में विद्यमान है। बाह्य सौर मण्डल में 53 ज्ञात उपग्रह हैं। कुछ बड़े उपग्रह निम्न प्रकार के हैं—

नाम	काल (दिन)	व्यास (किमी)	घनत्व (ग्रा /से मी ³)
गेनिमेडे (J3)	7 2	5270	1 9
टिटैन (S6)	15 9	5150	1 9
कालिस्तो (J4)	16 7	4820	1 8
इयो (J1)	1 8	3640	3 5
षट्रमा (E1)	27 3	3476	3 3
यूरोपा (J2)	3 6	3130	3 0
टाइटोन (N1)	5 9	3000 (?)	?

बृहस्पति के उपग्रह

बृहस्पति के चार बड़े उपग्रह गेलिलियो उपग्रहों के नाम से जाने जाते हैं। इन्हें गेलिलियो ने ही सबसे पहले पहचाना था। इन चारों में सबसे दूर का कालिस्तो का व्यास लगभग उतना ही है जितना कि बुध ग्रह स्वयं का व्यास है। चूंकि इनका द्रव्यमान अथवा घनत्व कम है अतः स्पष्ट ही है कि यह बर्फीली वस्तुओं से बना है। गेनिमेडे सौरमण्डल का सबसे बड़ा उपग्रह है। इस पर भी कालिस्तो की भांति गठबे हैं। भूगर्भीय संरचना इसकी भिन्न है। यूरोपा और इयो दोनों भीतरी उपग्रह हैं और ये बर्फीली रचनाएं नहीं हैं। घनत्व से ये हमारे (पृथ्वी के) षट्रमा के समान हैं। अर्थात् ये षट्रमों हैं। यूरोपा के धरातल पर बर्फ का जमाव है। इस भांति यह पृथ्वी से

मिलता जुलता है परन्तु हमारे यहां जल द्रवावस्था मे है। बृहस्पति के इयो उपग्रह तो यूरोपा के जुडवा भाई सा प्रतीत होता है। एक भ्रतर है वह यह कि इयो पर ज्वालामुखी है। वायेजर के चित्रों से यह पता चला था। ज्वालामुखी के लावे मे सल्फर और सल्फर डाइ आक्साइड हैं।

शनि के उपग्रह

सबसे अधिक उपग्रहों का धनी शनि ग्रह है। इसके 19 उपग्रह हैं। इनमे से एक टाइटेन सबसे रोचक है। इस उपग्रह पर पर्याप्त मात्रा मे वायुमण्डल है। 1655 मे क्रिश्चियन हाइगे स ने इसे खोजा था। वायेजर अंतरिक्षयान द्वारा प्राप्त जानकारी से पता चलता है कि इस पर वायुमण्डलीय दाब 106 बार का है। इसकी प्रमुख गम नाइट्रोजन है। इसके अतिरिक्त इसक वायुमण्डल मे कार्बन मोनोक्साइड, हाइड्रोकार्बन इथेन प्रापेन और नाइट्रोजन म्पाउण्ड भी पाये गये हैं। इस पर हाइड्रोजन साएनाइड (HCN) का पाया जाना आश्चर्यकारी है क्योंकि यही वह घणु है जो कि जीवनदायी DNA का प्रमुख घटक है। टाइटेन पर बादलों की भी विभिन्न परतें हैं। इसके घरातल का तापमान 90k है। इतने कम तापमान पर तो द्रव इथेन मिथेन के समुद्र हो सकते हैं। ऐसा समझा जाता है कि इस उपग्रह से पृथ्वी के आरम्भकाल के वायुमण्डल के बारे मे अच्छी जानकारी प्राप्त होगी। समावना है कि जीवन के मूलभूत कारण का पता भी इसी से लग सकेगा। शनि के 6 उपग्रहों का व्यास 400 से 1600 किलोमीटर के मध्य का है। इनके वक्रम से पता चलता है कि ये बर्फ पानी के बने हुए हैं। शनि के अन्य उपग्रह भी मूलतः हिम बर्फ के ही हैं।

यूरेनस और नेपच्यून के उपग्रह

यूरेनस के पंद्रह उपग्रहों को दो वर्गों मे बाटा जा सकता है। 5 वे जो कि दूरबीन से दखे गये थे और शेष 10 छोटे छोटे जो वायेजर ने देखे थे। इनमे से पाच के नाम शेक्सपियर के नाटकों के चरित्रों के नाम पर रखे गये हैं। बड़े उपग्रहों का व्यास 1600 से 500 किलोमीटर तक का है। इनका घनत्व शनि के उपग्रहों जसा ही है। वायजर द्वारा पहचान गये सबसे छोटे उपग्रह मिराण्डा जिसका व्यास 484 किलोमीटर है का भूगर्भास्थीय दृष्टिकोण से महत्त्व है। नेपच्यून के दो उपग्रह हैं। ट्रिटोन हमारे चांद जितना ही बड़ा है बने कई भौतिकी कारण हैं जिनसे ट्रिटोन प्लूटो ग्रह से मिलता जुलता है।

प्लूटो और उसका उपग्रह

गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत की गणनाओं से जान पड़ता है कि एक और ग्रह विद्यमान होना चाहिए यद्यपि प्रेक्षण की तीर पर वह आसानी से पकड़ में आने वाला

नहीं है। दरग्रसल यूरेनस (उरूण) और नेपच्यून (वरूण) अपने वास्तविक पथों पर नहीं चल रहे हैं। वास्तविक पथों से तात्पर्य है गणना द्वारा दिया गया पथ। यह शायद इस कारण हो कि कोई और ग्रह उपस्थित है जो कि निर्धारित पथों में विचलन पैदा कर रहा है। यह ग्रह ग्रह प्लूटो है। वस्तुतः प्लूटो का द्रव्यमान चंद्रमा से भी कम है। इसकी सूय से औसत दूरी 59 अरब किलोमीटर है। वर्तमान वर्षों में तो प्लूटो पृथ्वी के अधिक समीप रहा है और यह स्थिति 1999 तक रहणी फिर प्लूटो दूर चला जायेगा। इसकी एक परिभ्रमा में 248.6 वर्ष लगते हैं। प्लूटो को एक उपग्रह भी है चारोंत, मगर यह बहुत छोटे आकार का है।

प्लूटो ग्रह का व्यास 2400 किलोमीटर है। आकार की दृष्टि से यह ग्रह निश्चय ही उपग्रहों से भी छोटा है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी का 1/400वां भाग है। इसके घनत्व का मान 1.7 ग्राम सेमी³ यही बताता है कि यह चट्टानों और बर्फों की मिली जुली रचना है। यह ध्यान देने योग्य है कि प्लूटो और नेपच्यून के परिक्रमा की कक्षाएँ एक दूसरे की काटती हैं। क्योंकि इनके भूकाव भिन्न हैं अतएव इनके टकराने की संविष्य में संभावना नहीं है।

उपग्रहों छल्ले

सौर मण्डल में बाहर के तीनों उपग्रहों के चारों ओर बलय या छल्ले अथवा कुण्डलियाँ हैं। प्रत्येक छल्ला करोड़ों वर्षों से बना हुआ है। इनमें से शनि ग्रह का छल्ला जो कि दृढ़तम है हिमवर्णों से बना हुआ है। इसने विपरीत यूरेनस के बलय काफी पतले और काले काले वर्णों से बने हैं। बृहस्पति ग्रह के छल्ले तो धूलि की संक्रमण पट्टियाँ हैं जो कि अपने-अपने वर्णों से बनी हुई हैं। इनके भीतरी वर्ण बाहरी वर्णों की अपेक्षा तेज गति से घूमते हैं। ग्रह शब्दा में छल्लों के बारे में बहते तो यह कहना होगा कि कई सारे लघु उपग्रह भिन्न-वर्ण एवं छल्ले या बलय का निर्माण करते हैं। ये मिलेजुले अपने ग्रह की परिक्रमा करते हैं। ये कण एक दूसरे से बहुत दूर नहीं हैं। प्रायः ये एक दूसरे से टकराते हैं और इनका गुरुत्वाकर्षण परस्पर एक दूसरे को प्रभावित करता है।

इन छल्लों की उत्पत्ति के बारे में दो दृष्टिकोण विद्यमान हैं। एक तो यह कि ये छल्ले ग्रह से टूटे हुए वर्णों का एक समूह है। जबकि दूसरी विचारधारा यह है कि निर्माण के समय में कण एक दूसरे के इतने समीप नहीं आ सके कि मिलकर उपग्रह बनाएँ अतएव अलग-अलग पड़े ये कण ग्रह के चारों ओर एक कुण्डली बनाए हैं। ऐसा संभव आता है कि यदि ग्रह के उपग्रह नहीं होते तो ये छल्ले बिल्कुल समतल और घटती-घटती होते। वैसे यदि उपग्रह ही नहीं होते तो छल्लों की संभावना सम्भव प्रायः ही थी क्योंकि बालांतर में वह पदार्थ अंतरिक्ष में सोप हो जाता।

पृथ्वी से नजर आने वाली शनि की तीन कुण्डलिया हैं। ए बी और सी। ए की बाहरी त्रिज्या का मान 137 400 किलोमीटर है जबकि सी की भीतरी त्रिज्या का मान 7000 किलोमीटर है। इस छल्ले समूह में बी' छल्ला सबसे चमकदार है। छल्लों में मुख्यतया बर्फ ही है और जिसका आकार मिट्टी के कण से लेकर बड़ी खट्टान तक हो सकता है। यूरेनस के छल्ले सकरे और अपारदर्शी हैं। ये पृथ्वी से दिखलाई नहीं देते हैं। हिंदमहासागर के पास के द्वीपों में स्थित विभिन्न वैद्यशालाओं से इन्हें सबसे पहले देखा गया था। इसकी सबसे बड़ी कुण्डली या छल्ला एक सौ किलोमीटर चौड़ाई का है। इसकी मोटाई सौ मीटर की ही है। यह छल्ला जिसका नाम एपसिलोन है यूरेनस से 51,000 किलोमीटर दूर परिभ्रमा कर रहा है।



सदर्भ सूची

- The Universe Issac Asimov Allen Lane Penguin Press
- The left hand of creation J D Barrow and Joseph Silk William Heinemann Ltd
- Essays about the Universe Boris A Vorontsov vel yaminov, Mir Publishers Moscow
- Realm of the Universe George O Abell D Morrison Sidney C Wolff, Saunders Golden Sunburst Series
- Universe W J Kaufmann W H Freeman and Company
- The magic of galaxies and stars L E Gurevich and A D Chernin Mir Publishers Moscow
- The Sun our Stars R W Noyes Harvard University Press
- Our planet the earth A V Byalko Mir Publishers Moscow
- Intelligent life in space F Drake Macmillan U S A
- Scientific American Discovery Science News Science Today (2001) Science reporter आदि में प्रकाशित लेख ।

कुछ उपयोगी परिभाषाएँ

अणु (Molecule) एक या दो परमाणुओं के संयोजन से बना छोटे से छोटा पदार्थ जिसमें कि उस पदार्थ के रासायनिक गुण हों।

एक अरब (Billion) 10^9

आकाश गंगा (Milky way) हमारी मदाकिनी।

आवृत्ति (Frequency) प्रति सेकण्ड कम्पनों की संख्या हट्ज।

आयन (Ion) ऋण आवेश के हट जाने पर परमाणु का आवेशित हो जाने से बचा तत्व।

आक्सीकारक (Oxidizing) रासायनिक अभिक्रियाओं में वे स्थितियाँ जहाँ कि हाइड्रोजन की अपेक्षा आक्सीजन अधिकत्वपूर्ण हो।

ऑजोन (Ozone) वह अणु जिसमें आक्सीजन के तीन परमाणु हैं।

आरोरा (Aurora) ध्रुवीय ज्योति आयन मण्डल में परमाणु और अणुओं द्वारा उत्पन्न प्रकाश जो कि ध्रुवीय क्षेत्रों में नजर आता है।

इलेक्ट्रॉन (Electron) नाभिक के चारों ओर परिभ्रमण करने वाला ऋणावेशित मूलकण।

उरान (Uranus) यूरेनस। ग्रह।

उल्का (Meteor) प्रायः टूटा तारा से जाना जाता है। मगर यह आकाशीय धूलि है जो कि पृथ्वी के वायुमण्डल में आने पर जल उठती है।

अपचायक (Reducing) वे रासायनिक अभिक्रियाएँ जिसमें हाइड्रोजन का आक्सीजन पर अधिकत्व हो।

उपग्रह (Satelite) ग्रह की परिभ्रमण करने वाला पिण्ड।

एक्स किरण (X ray) वे विकिरण जो कि ऊर्जा के तौर पर परावर्णनी और गामा विकिरणों के मध्य के हैं।

एस्ट्रोनॉमिकल यूनिट (Astronomical Unit) एक $AU = 1.5 \times 10^{11}$ मी

कृष्ण विकिरण (Black hole) एक परिवर्तनात्मक वस्तु जिसका पलायनवेग प्रकाश के वेग सा या उससे अधिक हो। इस वस्तु की पकड़ में आया हुआ यहाँ तक कि प्रकाश भी लौट कर नहीं आ सकता है।

किरीट (Corona) सूर्य का बाहरी वायुमंडल जहाँ का तापमान लाखों डिग्री है।

गर्त (Crater) एक वृत्ताकार गड्ढा जो कि सघट्ट के कारण बना हो। गह्वर।

ग्रहण (Eclipse) अपनी विजिष्ट स्थिति के कारण एक पिण्ड द्वारा दूसरे पिण्ड के प्रकाशित खण्ड का कोई भाग काट देना ग्रहण हो गया कहा जाता है।

ग्रेनाइट (Granite) आग्नेय चट्टान का एक प्रकार। पृथ्वी की ऊपरी चट्टानें ये ही हैं।

गामा किरणें (Gamma rays) एक्स किरणों से अधिक शक्तिशाली विकिरण। फोटोन।

गतिक ऊर्जा (Kinetic energy) गति के कारण वस्तु की ऊर्जा।

ग्रह (Planet) सूर्य के चारों ओर परिभ्रमा करने वाले पिण्ड। नौ ग्रह।

गुरुत्वाकर्षण का नियम (Law of gravitation) वस्तुओं के मध्य आकर्षण का बल विद्यमान होता है। द्रव्यमान अधिक होने पर इस बल की मात्रा बढ़ती है। वस्तुओं की दूरी (दूरी के वर्ग) के साथ आकर्षण का बल घटता है।

घनत्व (Density) वस्तु का द्रव्यमान और उसके आयतन के अनुपात का उस वस्तु का घनत्व कहते हैं।

चुम्बकीय गोला (Magnetic sphere) पिण्ड के घरातल के चारों ओर का क्षेत्र जहाँ कि उस द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र सक्रिय हो।

छल्ले (Rings) पिण्ड के चारों ओर छोटे छटे पदार्थ कणों से बनी हुई बुण्डलियाँ। शनि के छल्ले। बलय। बुण्डली।

तापनामिकीय अभिक्रिया (Thermonuclear reaction) उच्च गति लिए हुए नाभिकीय कण (प्रोटोन-न्यूट्रॉन) के मध्य होने वाली अभिक्रिया।

तरंगदैर्घ्य (Wavelength) तरंग गति में दो क्रमागत श्रृंगों के मध्य दूरी। एक तरंग लम्बाई।

द्रव्यमान (Mass) वस्तु में उपस्थित पदार्थ की मात्रा।

दस खरब (Trillion) 10^{12}

दस लाख (Million) 10^6

द्वितारा (Binary star) एक जुड़वाँ तारा। दोनो तारे एक दूसरे की करते हैं।

उमकनु (Comet) छोटे-छोटे पिण्ड जो कि बर्फ और धूलि से बने हैं और मृष भी परिभ्रमा करने हैं। इनकी पहचान लम्बी पुच्छ है।

न्यूट्रिना (Neutrino) एक निराविष्ट मूलकण जो कि सामान्य उपकरणों का पकड़ से परे है।

न्यूट्रॉन (Neutron) एक परमाणविक मूलकण जिसका कोई आवेश तो नहीं मगर द्रव्यमान प्रोटोन के लगभग समान है।

न्यूट्रॉन तारा (Neutron star) न्यूट्रॉनों से बना तारा। इसका घनत्व बहुत अधिक होता है।

नाभिक (Nucleus) परमाणु का भारी भाग जिसमें न्यूट्रॉन प्रोटोन होते हैं। घूमकेतु का ठोस सिरा जिसमें बर्फ और धूलि है। मदाकिनी का केन्द्रीय भाग जहाँ कि उसका द्रव्यमान विद्यमान है।

नोवा (Nova) वह स्थिति जबकि किसी तारे में अचानक दीप्ति और ऊर्जा बढ़ जाती है।

नेबूला (Nebula) अंतराकाशीय गस और धूलि का बादल। निहारिका। डॉपलर प्रभाव (Doppler's Effect) दशक और प्रकाश स्रोत के मध्य पारस्परिक गति होने पर विकिरण के तरंगदैर्घ्य में आभासी परिवर्तन आ जाता है। लाल विस्थापन इसी प्रभाव से है।

परमाणु (Atom) पदार्थ का सबसे छोटा भाग जिसमें उस तत्व के गुण विद्यमान होते हैं।

परम शून्य (Absolute zero) -273°C अथवा 0 K तापमान। परम शून्य तापमान पर अणु गति समाप्त हो जाती है। 0°C पर पानी बर्फ बनता है।

पलायन वेग (Escape velocity) वह वेग जिसे पाकर वस्तु उस ग्रह से सदैव के लिए पलायन कर जायेगी। पृथ्वी का पलायन वेग 11.6 किमी/से है।

पारसेक (Parsec) लम्बाई का मात्रक 1 पारसेक $= 3.26$ प्रकाशवर्ष।

परावैगनी विकिरण (Ultraviolet radiation) दृश्य क्षेत्र के बैंगनी रंग से कम तरंगदैर्घ्य का विकिरण (अर्थात् अधिक ऊर्जा) मगर जिसके प्रति प्राणों से सवेदन शील नहीं है।

प्लूटो (Pluto) ग्रह।

घोषघर (Green house effect) पृथ्वी या अन्य ग्रह के चारों ओर कार्बन डाइऑक्साइड की मोटी परत बन जाना जिससे अवरक्त विकिरण पार न हो सके।

प्रकाशवर्ष (Light year) एक वर्ष में निर्वात में प्रकाश द्वारा तय की गई दूरी। $1\text{ Ly} = 9.46 \times 10^{15}$ मीटर।

प्रकाशमण्डल (Photosphere) सूर्य का वह क्षेत्र जहाँ से प्रकाश उत्सर्जित होकर निम्न निरन्तर विद्यमान रहता है।

प्लाज्मा (Plasma) तप्त आयनीत गैस।

प्रोटोन (Proton) भारी परमाण्विक मूलकण जिसका आवेश धन है और जो नाभिक में विद्यमान है।

पल्सार (Pulsar) एक परिवर्ती रेडियो स्रोत। नाभिकीय तारा।

फोटोन (Photon) प्रकाश कण।

बुध (Mercury) ग्रह।

बृहस्पति (Jupiter) ग्रह।

बेसाल्ट (Basalt) एक आग्नेय चट्टान। इसी चट्टान का समुद्री घरातल बना है।

ब्रह्माण्डीय किरणें (Cosmic rays) परमाण्वीय नाभिक जो कि अंतराकाश से आवर पृथ्वी की वायुमण्डलीय गसों से संघट्ट करते हैं।

भूकम्पीय तरंग (Seismic wave) यांत्रिक प्रकृति की तरंगें जो कि पृथ्वी के भूकम्प केन्द्र से उत्पन्न होती हैं।

भूरा बौना (Brown dwarf) वह तारा जिसका द्रव्यमान किसी ग्रह और तारे के बीच के मान का होता है।

मंगल (Mars) ग्रह।

मदाकिनो (Galaxy) तारों का एक बृहद् समूह। हमारी पृथ्वी और सौर-मण्डल आकाशगंगा नाम की मदाकिनी में है।

राडार (Radar) वह तकनीकी जिसमें किसी वस्तु (जिसकी स्थिति पता करना है) पर तरंगें भेजी जाती हैं और उन्हें परावर्तन द्वारा पुनः प्राप्त कर समूचन किया जाता है।

रेडियो तरंग (Radio wave) अधिक तरंग दध्य की तरंगें ये दृश्य क्षेत्र के उपरान्त अवस्त के आगे के तरंग दध्य हैं।

रेडियोधर्मिता (Radio activity) परमाणु के स्वतः विघटन की प्रक्रिया।

लाल विस्थापन (Red shift) दूर जात हुए तारे या मदाकिनी द्वारा उत्सर्जित तरंगदध्य का अधिक तरंगदध्य (लाल) की ओर स्थानांतरण होता है। यह आभासी विस्थापन डॉप्लर प्रभाव के कारण है।

बृहस्पति (Neptune) नेपच्यून ग्रह।

शनि (Saturn) ग्रह ।

शुक्र (Venus) ग्रह ।

श्वेत बौने (White dwarf) वह तारा जिसका नामिकीय ई-धन खप चुका है । आकार में छोटा हो चुका तारा ।

हबल नियतांक (Hubble Constant) दूर स्थित निहारिकाओं की दूरियों और पारस्परिक चालों के मध्य का समानुपातिक नियतांक ।

दोममण्डल (Troposphere) पृथ्वी के वायुमण्डल का सबसे निचला स्तर ।

$$1000 = 10^3 \qquad 1/1000 = 10^{-3}$$

$$\text{दसलाख} = 10^6 = \text{एक मिलियन}$$

□

